# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

# Chapter (1)
# Irrigation الري

**Irrigation** is the application of water to the land for:

هو عملية إمداد التربة بالماء وذلك:

1- Keep its moisture in the limits suitable for plant growth.

2- Washing out the dissolved salts to keep the degree of salt concentration at constant level.

1- للمحافظة على رطوبة التربة اللازمة لنمو النبات.

2- لغسيل التربة من الأملاح الزائدة وبالتالى المحافظة على درجة مقبولة من تركيز الأملاح فى منطقة جذور النبات.

---

## Irrigation Science علم الرى

The science which studies the best ways and scientific methods to convey irrigation water from its natural source to the agricultural lands and the best ways for using it.

هو العلم الذى يبحث افضل طرق توصيل مياه الرى من مصادرها الطبيعية الى الاراضى الزراعية وكذلك افضل سبل استخدام مياه الرى المتاحة بكفاءة.

---

## The overall irrigation process وتنقسم عملية الرى الى

1- توصيل مياه الرى من مصادرها خلال شبكة الرى حتى الاراضى الزراعية.

2- رى الاراضى الزراعية.

3- صرف الماء الزائد عن حاجة الارض الزراعية باستخدام المصارف المكشوفة والمغطاه.

4- ادارة خزان الماء الجوفى وذلك للمحافظة عليه من النضوب وزيادة نسبة الاملاح به.

---

**وينقسم الماء المستخدم فى عملية الرى الى اجزاء كالآتى:**

1- جزء يتسرب من خلال حبيبات التربة الى المياه الجوفية.

2- جزء يذهب بالجريان السطحى "run off" الى المصارف المكشوفة.

3- جزء يتبخر من سطح الارض.

4- جزء يمتص بواسطة جذور النبات.

---

## المناطق الرطبة والمناطق الجافة Humid and Arid regions

تسمى كل منطقة على حسب كمية المياه التى تتساقط عليها خلال العام حيث يمكن حساب تلك الكمية بقياس عمق المياه التى تتساقط على وحدة المساحات فى السنة ويكون هذا التقسيم كالاتى:

### 1- مناطق رطبة: Humid regions

حيث تكون كمية المياه الكلية المتساقطة عليها خلال السنة اكثر من 1000mm

### 2- مناطق شبه رطبة: Sub humid regions

وهى التى تكون كمية المياه الكلية المتساقطه عليها خلال السنة تتراوح من 500mm إلي 1000mm

### 3- مناطق شبه جافة: Semi arid regions

هي تلك المناطق التي تكون كمية المياه الكلية المتساقطة عليها خلال السنة من 250mm إلي 500mm

### 4- مناطق جافة: Arid regions

حيث تكون كمية المياه الكلية المتساقطة عليها خلال السنة اقل من 250mm

## الاشكال المختلفة لتساقط المياه Forms of Precipitation

1- **الرذاذ Drizzle:** حيث تكون حبيبات الماء المتساقط ذات قطر اقل من 0.5mm

2- **الامطار Rains:** حيث تكون حبيبات الماء المتساقطه ذات قطر يبدأ من 0.5mm ولا يزيد عن 6mm

**كما ان الامطار تصنف حسب معدل التساقط كالتالي:**

1- أمطار خفيفة light rains: حيث يكون معدل التساقط اقل من 2.5mm/hour

2- أمطار متوسطة Moderate rains: حيث يكون معدل التساقط من 2.5mm/hr إلى 7.5mm/hr

3- أمطار غزيرة Heavy rains: حيث يكون معدل التساقط اكثر من 7.5mm/hr

3- **Glaze:** وهى عبارة عن طبقة من الثلج تتكون على سطح الارض عند سقوط الامطار أو الرذاذ فى منطقة بارده.

4- البَرَدْ **Sleet:** وهو عبارة عن ذرات مياه تتجمد فى الهواء عند سقوطها قبل ان تصل الى الارض ويحدث ذلك فى درجات الحرارة الاقل من صفر مئوية.

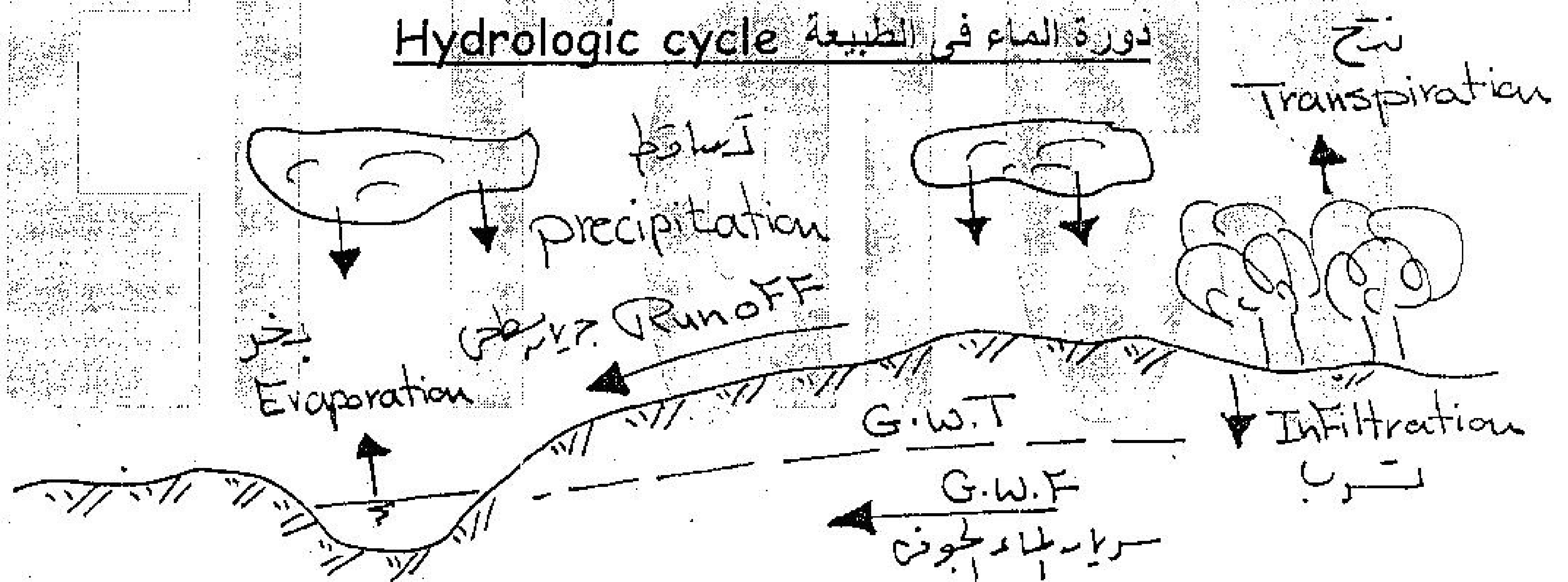
5- **Hail:** وهو عبارة عن جزيئات الجليد الكبيرة (أكبر من 5 mm) المتحولة الى قطرات مياه صغيرة قبل السقوط على الارض نتيجة تعرضها للتيارات الهوائية.

6- **Snow:** عند تصاعد بخار الماء من سطح الارض قد يصادف منطقة باردة فى طبقات الجو فيحدث له تجمد سريع دون المرور بالحالة السائلة فيسقط على الارض على هيئة جليد ويسمى Snow.

كما ان هناك اشكال اخرى من المياه مثل الندى **Dew** والصقيع **Frost** وهو عبارة عن قشرة ثلجية رقيقة تتكون نتيجة تجمد طبقة من المياه فوق سطح التربة ولكن هذه الاشكال نادر ما تؤخذ فى الاعتبار عند قياس معدلات تساقط المياه.

---

## دورة الماء فى الطبيعة Hydrologic cycle




العملية المستمرة من بخر وتساقط امطار تكون متوازنة ويطلق عليها (دورة الماء فى الطبيعة) وبالتالى يمكن تمثيل تلك العملية بالعلاقة الاتية:

$$P = R + E + S$$

**P = Precipitation** المياه المتساقطة على الارض بمختلف اشكالها من امطار ورذاذ وثلج.

**R = Runoff** الماء الذى يسقط على الارض ثم يتحرك فوق سطح الارض بالجريان السطحى حتى يصل الى القنوات والمصارف.

**E = Evaporation** الماء المتبخر من سطح الارض أو اى مسطح مائى مكشوف كالبحار والمحيطات

**S = Storage** المخزون المائي سواء داخل التربة أو علي سطحها.

---

## Types of Irrigation

### Natural and Artificial irrigation الرى الطبيعى والرى الصناعى

عند وصول المياه بصورة طبيعية دون أى تدخل من الانسان الى النبات يكون هذا هو الرى الطبيعى ويحدث ذلك من خلال الامطار أو فيضان الانهار.

اما الري الصناعي يعتمد علي تخزين مياه الامطار ثم اعادة توزيعها على الارض الزراعية عن طريق شق الترع والقنوات واقامة السدود والخزانات واستخدام طرق الرى الحديثة مثل الرى بالرش والرى بالتنقيط .

---

### Benefits of Irrigation فوائد الرى

1- زيادة المحصول وحماية الأراضي من الجفاف.

2- يقوم الماء بدور العامل المذيب للمواد الغذائية التى تحتويها التربة وحملها الى جذور النبات.

3- يساعد على حفظ رطوبة التربة المناسبة لنمو النبات.

4- يحمل الاملاح الزائدة والمواد الضارة بالنبات الى باطن الارض أو المصارف.

## Irrigation resources in Egypt مصادر مياه الرى فى مصر

1- نهر النيل:The River Nile يعتمد الرى فى مصر بصورة اساسية على مياه نهر النيل. وتكون حصة مصر السنوية من مياه النيل 55.5 مليار متر مكعب وحصة السودان 18.5 مليار متر مكعب.

2- المياه الجوفية: Ground water وتكون صالحة للزراعة فى اماكن وتكون مالحة وغير صالحة فى اماكن اخرى ويزداد استخدامها في واحات الصحراء الغربية.

3- مياه الأمطار: وتتواجد اكثر ما يمكن على الساحل الشمالى الشرقى والغربي وتقل تدريجيا كلما اتجهنا الى الجنوب.

---

**الاراضى المزروعة فى مصر:**

تقدر مساحة مصر بحوالى 1 مليون كيلو متر مربع اى حوالى 238 مليون فدان وتقدر مساحة الارض الزراعية فى مصر بحوالى 6.5 مليون فدان اى حوالى 3% من مساحة مصر وهى مساحة ضئيلة خاصة اذا ما قورنت بالاحتياجات الغذائية للسكان واذا ما قورنت أيضا بمساحة الارض القابلة للاستصلاح. وهذا الاستصلاح يحتاج الى كميات اضافية من المياه يمكن توفيرها بالطرق الاتية:

1- تطبيق طرق الرى الحديثة مثل الرى بالرش والرى بالتنقيط وخاصة فى الاراضى المستصلحة الجديدة.

2- تقليل فاقد المياه فى شبكات الرى مثل الفاقد بالرشح وذلك بتبطين الترع والقنوات والفاقد بالبخر وذلك بتقليل مساحة سطح المجرى المائى عند تصميمه.

3- تطبيق سياسات تطوير الرى والتى تجبر الفلاح على عدم الاسراف فى استهلاك المياه.

## Structures used in irrigation systems

**المنشآت المختلفة فى مشاريع الرى والصرف:**

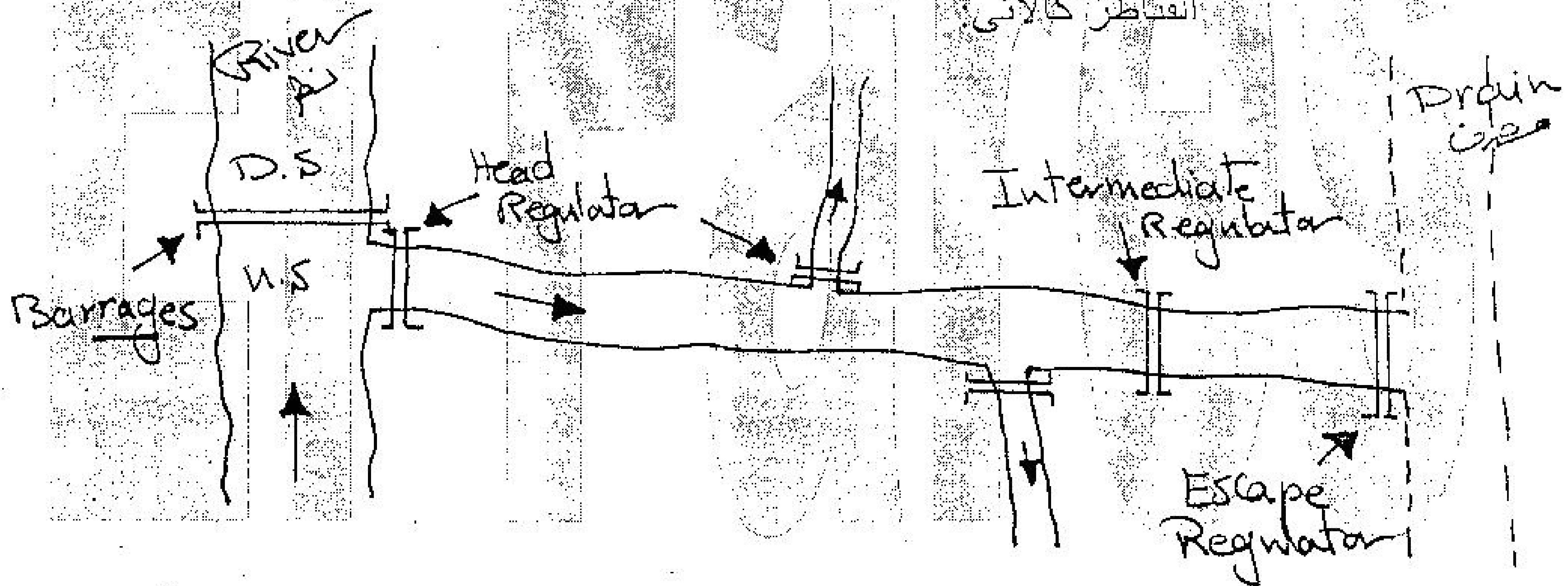
تنقسم تلك المنشآت بوجه عام الى قسمين:

1- **الأعمال الترابية Earth works:** مثل شق الترع والقنوات واقامة الجسور والميول.

2- **الأعمال الصناعية Construction works:** مثل القناطر والهدارات والسدود والبدالات والسحارات.

---

1- **القناطر Regulators:** تستخدم للتحكم في مناسيب المياه و التصرفات المارة وتتكون القنطرة من مجموعة فتحات بكل فتحة بوابة حديدية تتحكم فى مرور الماء منها وتوجد انواع مختلفة من القناطر كالاتى:




أ- **القناطر الكبيرة Barrages:** وتنشأ على مجرى النهر نفسه بغرض رفع منسوب المياه فى الترع والقنوات المتفرعة من النهر امام تلك القناطر

ب- **قنطرة الفم Head regulator:** وتنشأ عند مبادئ الترع بهدف التحكم فى مرور الماء اليها.

جـ- **Intermediate regulator:** وتنشأ فى اماكن معينة على طول مجرى الترعة للتحكم فى منسوب المياه بتلك الاماكن وبالتالى يمكن رى الاراضى المرتفعة عندها.

د- **قنطرة نهاية Escape regulator:** وتنشأ فى نهاية المجرى المائى للتحكم فى صرف الماء الزائد الى المصرف.

2- **الهدار Weir:** وينشأ بغرض قياس التصرف ورفع منسوب المياه فى المجرى المائى.

3- **الكوبرى Bridge:** يستخدم عند تقاطع طريق مع مجرى مائى كبير حيث يستمر المجرى المائى كما هو ويمر فوقه الطريق باستخدام الكوبرى.

4- **الربخ Culvert:** يستخدم عند تقاطع طريق مع مجرى مائى صغير حيث يستمر الطريق كما هو ويمر من اسفله الماء داخل ماسورة أو منشأ خرسانى يسمى (بربخ) .

5- **سحارة Syphon:** تنشأ عند تقاطع مجرين مائيين (مثل ترعة ومصرف) حيث يتم امرار مياه المصرف (اسفل) مياه الترعة داخل ماسورة أو منشأ خرسانى يسمى سحارة.

6- **البدالة Aqueduct:** تنشأ عند تقاطع مجرين مائيين (مثل ترعة ومصرف) حيث يتم امرار مياه الترعة (فوق) مياه المصرف داخل ماسورة أو منشأ خرسانى يسمى بدالة.

7- **الهويس Lock:** يتم إنشاؤه فى المجرى المائى الملاحى حيث يسمح للسفن والمراكب بالمرور خلال منطقتين يختلف منسوب سطح الماء فيهما. فمثلا يتم انشاء الهويس بجوار القنطرة حتى يسمح بمرور المراكب من خلف القنطرة (حيث منسوب المياه منخفض) الى امام القنطرة (حيث منسوب المياه مرتفع) والعكس.

## 8- المساقط المائية Water falls

فى بعض إنترع ذات الانحدار الشديد يتم انشاء مجموعة متتالية من الهدارات حيث تعمل تلك المجموعة معا على تشتيت طاقة المياه المنحدرة بشدة فى الترعة فيقلل النحر.

2

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No.2 ري

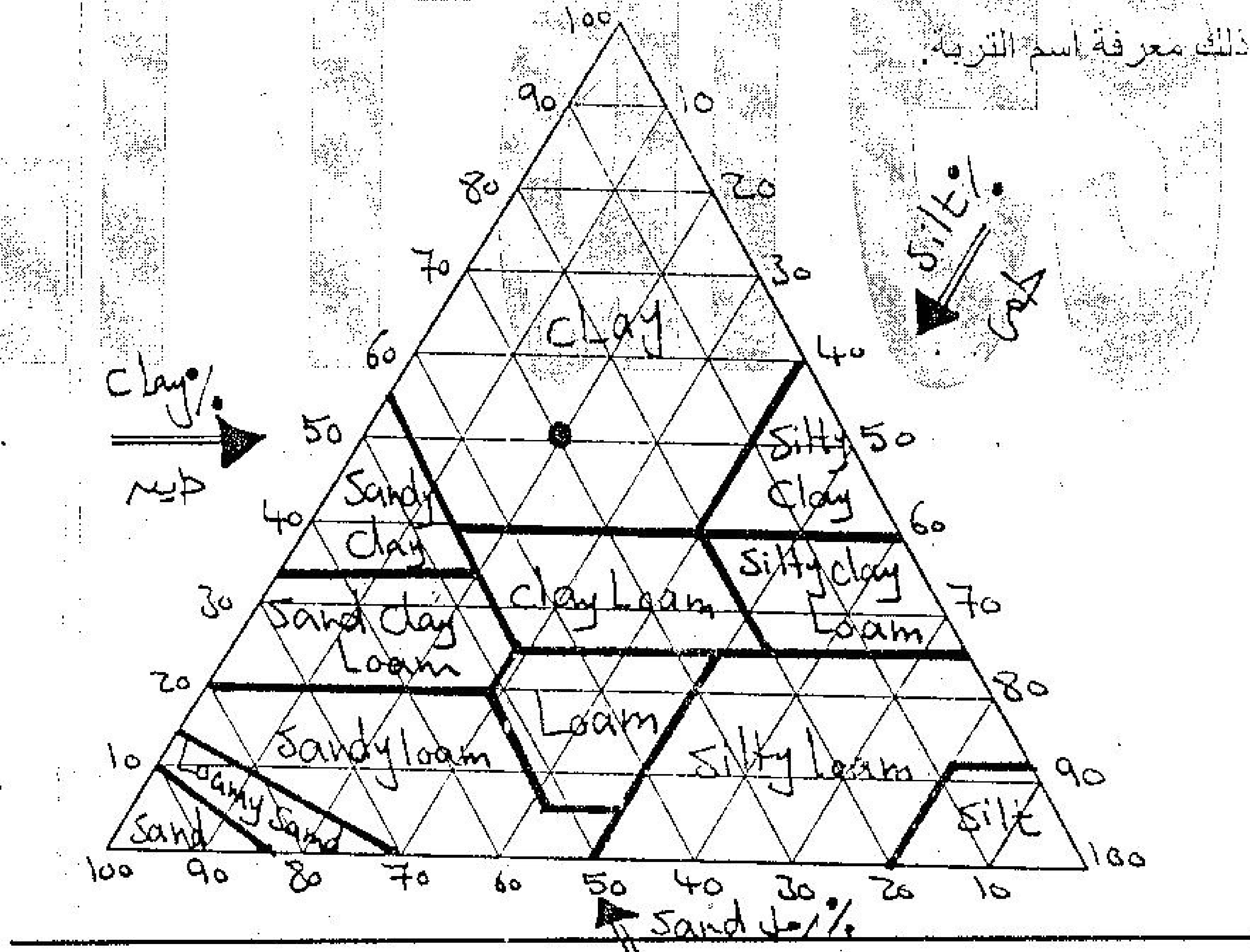
# Chapter (2)
# Soil-Plant-Water Relationships
## التربة- النبات- الماء و العلاقات بينهم

## Physical properties of soil الخواص الطبيعية للتربة

### 1- قوام التربة: Soil texture

قوام التربة هو مصطلح يدل علي مدى نعومة أو خشونة حبيبات التربة ويعتمد علي نسبة وجود الرمل "Sand" والطين "Clay" والطمي "Silt" بها.

ويتم تحديد النسب المئوية لمكونات التربة باستخدام مجموعة قياسية من المناخل لفصل مجموعات الحبيبات وبعد تحديد النسبة المئوية لمكونات تلك التربة من الرمل والطمي والطين يمكن تمثيلها بنقطة داخل مثلث تصنيف التربة ويمكن بعد ذلك معرفة اسم التربة.



فمثلاً إذا كانت لدينا عينة من التربة وكانت النسبة المئوية لأوزان مكوناتها كالآتي:

Sand = 30 % , Silt = 20% , Clay = 50%

فإن هذه التربة تقع في منطقة "Clay" داخل المثلث وبالتالي يكون اسمها "تربة طينية Clay".

---

## 2- بنية التربة: Soil structure

**المقصود ببنية التربة نظام ترتيب حبيبات التربة بالنسبة لبعضها أو هي نظام ترتيب المسام "Pores" الصغيرة والمتوسطة والكبيرة داخل التربة.**

والبنية تتغير من تربة إلى أخرى ولنفس التربة الواحدة تتغير البنية مع مرور الوقت وهي عامل هام في تحديد المسامية.

ويتم تحسين بنية التربة عندما تحرث الأرض ثم يتم تعريضها للشمس والهواء وتضاف إليها الأسمدة حيث يؤدي هذا إلى تسهيل عملية تخلل الهواء إلى داخل التربة.

---

## 3- العلاقات بين حجم التربة ووزنها:

## Volume and weight relationships of soil

تتكون عينة التربة من ثلاثة أجزاء هي:

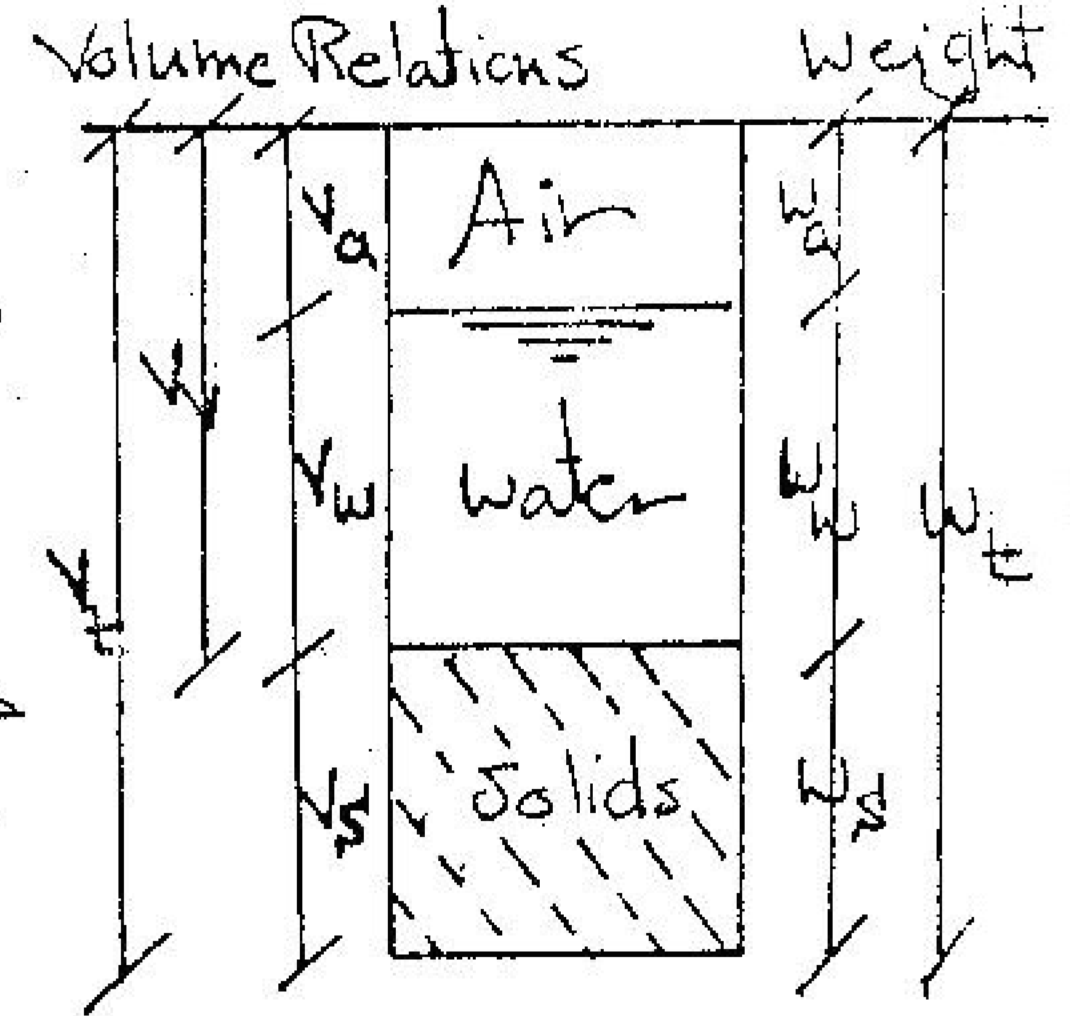
1- الحبيبات الصلبة Soil solids

2- الماء Water

3- الهواء Air

وبالتالي يمكن تمثيل عينة التربة بالشكل التالي:

| | | |
|---|---|---|
| $w_a$ | : weight of air | وزن الهواء(يهمل) |
| $w_w$ | : weight of water | وزن الماء |
| $w_s$ | : weight of solids | وزن الحبيبات الصلبة |
| $w_t$ | : total weight | الوزن الكلي |
| $V_a$ | : volume of air | حجم الهواء |
| $V_w$ | : volume of water | حجم الماء |
| $V_v$ | : volume of voids ($V_a + V_w$) | حجم الفراغات (المسام) |
| $V_s$ | : volume of solids | حجم الحبيبات الصلبة |
| $V_t$ | : total volume ($V_v + V_s$) | الحجم الكلي |




العلاقات بين حجم التربة:

(1) الكثافة النسبية الحقيقية للتربة:

## Real specific gravity "Particle density"

هي النسبة بين وزن وحدة الحجوم من حبيبات التربة الجافة بدون فراغات إلى وزن وحدة الحجوم من الماء عند درجة حرارة ($4\ c^o$).

$$R_s = G_s S = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{Ws}{Vs.\gamma_w}$$

(2) الكثافة النسبية الظاهرية للتربة:

## Apparent specific gravity "Bulk density"

هي النسبة بين وزن وحدة الحجوم من حبيبات التربة الجافة بما فيها من فراغات إلى وزن وحدة الحجوم من الماء.

$$As = \frac{\gamma_b}{\gamma_w} = \frac{Ws}{Vt.\gamma_w} = \frac{Ws}{(Vv+Vs).\gamma_w}$$

## (3) الكثافة الكلية الجافة: Dry bulk density

هي النسبة بين وزن حبيبات التربة الجافة إلى الحجم الكلي للتربة بما فيها من فراغات.

$$\gamma_{b_{dry}} = \frac{Ws}{Vt} = \frac{Ws}{Vv+Vs}$$

الكثافة النسبية الظاهرية للتربة (As) هي نفسها الكثافة الكلية الجافة ($\gamma_{b_{dry}}$) والفارق الوحيد بينهما هو أن (As) ليست لها تمييز (Dimensionless) بينما وحدات تمييز ($\gamma_{b_{dry}}$) هي $t/m^3$ أو $gm/cm^3$ مثلا .

---

**طريقة تحديد الكثافة الكلية الجافة للتربة:**

1- تؤخذ عينة غير مقلقلة (Undisturbed) من التربة باستخدام جهاز (Core sampler) المعلوم الحجم وبالتالي تكون العينة هي الأخرى معلومة الحجم (Vt) .

2- توزن العينة ثم توضع في فرن درجة حرارته (105 c°) لمدة 24 ساعة لتجفيفها.

3- يتم إخراج العينة من الفرن ثم توزن مرة أخرى حيث نحصل على وزن حبيبات التربة الجافة (Ws).

4- بقسمة (Ws) على حجم العينة الكلي (Vt) نحصل على الكثافة الكلية الجافة لتلك التربة (Soil bulk density) ، وهي نفسها القيمة العددية للكثافة الظاهرية للتربة (Apparent specific gravity) .

## Total wet bulk density :الكثافة الكلية للتربة المبتلة (4)

هي النسبة بين الوزن الكلي للتربة إلى الحجم الكلي للتربة.

$$\gamma_{b_{wet}}=\frac{Wt}{Vt}=\frac{Ws+Ww}{Vs+Vw+Va}$$

## Porosity ( pore space) : المسامية (5)

هي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في التربة (حجم الماء والهواء)إلى الحجم الكلي للتربة.

$$n=\frac{Vv}{Vt}=\frac{Vw+Va}{Vs+Vw+Va}$$

$$n=100(1-\frac{As}{Rs})$$

Where:

n = % Pore space

As = apparent specific gravity

Rs = real specific gravity≈2.65 لأغلب أنواع التربة الزراعية

## Void ratio :نسبة الفراغات (6)

هي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في التربة إلى حجم الحبيبات الصلبة.

$$e=\frac{Vv}{Vs}=\frac{Vw+Va}{Vs}$$

<u>Prove that</u> : $e = \frac{Rs}{As} - 1$

$$\because \frac{Rs}{As} = \frac{Ws}{Vs.\gamma_w} \times \frac{Vt.\gamma_w}{Ws} = \frac{Vt}{Vs} = \frac{Vv+Vs}{Vs}$$

$$= \frac{Vv}{Vs} + \frac{Vs}{Vs}$$

$$\frac{Rs}{As} = \frac{Vv}{Vs} + 1 = e + 1$$

$$\therefore e = \frac{Rs}{As} - 1$$

---

(7) <u>رطوبة التربة:</u> <u>Soil wetness</u>

يقصد بها محتوى التربة من الماء أو المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content ويمكن التعبير عنها بالطرق الآتية :

أ- <u>على أساس وزن الماء:</u> Dry-weight basis

في هذه الحالة تعرف رطوبة التربة بأنها النسبة بين وزن الماء الموجود في التربة إلى وزن التربة وهي جافة.

$$\therefore \text{Soil moisture content } P_W = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

ب- <u>على أساس حجم الماء:</u> **Volume basis**

في هذه الحالة تكون رطوبة التربة هي النسبة بين حجم الماء الموجود في التربة إلى الحجم الكلي للتربة.

$\therefore$ Soil moisture content $P_V = \frac{Vw}{Vt} * 100$

$$P_V = P_w \times A_s$$

---

ج- <u>على أساس عمق الماء:</u> **Depth basis**

في هذه الحالة نعتبر رطوبة التربة هي عمق مكافئ من الماء "d" داخل التربة حيث نفترض عينة تربة عمقها "D" ومساحتها "A" .

$\therefore Vt = D * A =$ حجم عينة التربة

$\therefore Vw = d * A =$ حجم الماء في عينة التربة

$$\because P_V = \frac{Vw}{Vt} * 100 = P_W * A_S$$

$$\therefore V_W = V_t * P_W * A_S * \frac{1}{100}$$




$$d*A = D*A*P_W A_S * 0.01$$

$$\therefore d = 0.01 * D * P_W * A_S$$

**4- قدرة التربة على حجز جزيئات الماء بين حبيباتها أو تسريبها:**

## Soil moisture retention and movement

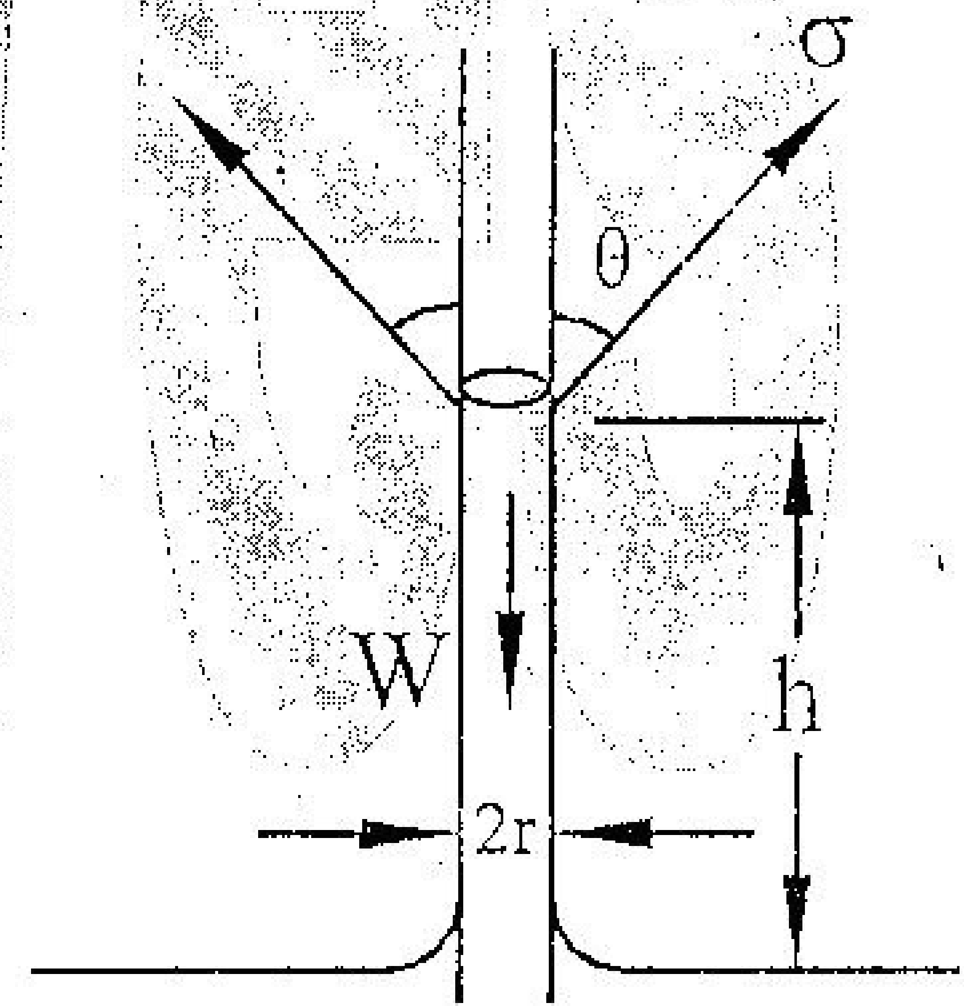
تعتمد تلك القدرة على قوى التجاذب بين الحبيبات، والجزيئات حيث توجد قوتان:

أ- قوة التجاذب بين جزيئات الماء بعضها ببعض "cohesion" .

ب- قوة التلاصق بين جزيئات الماء وحبيبات التربة "adhesion" .

الخاصية الشعرية "Capillarity" وهي ظاهرة ارتفاع السوائل داخل الأنابيب الضيقة حيث يعمل الجدار الداخلي للأنبوبة على جذب جزيئات الماء الملاصقة له بقوة التلاصق "adhesion" فتقوم تلك الجزيئات بجذب الجزيئات المجاورة لها بقوة التماسك "cohesion" وعند الإتزان يكون:

وزن عمود الماء لأسفل (W) = المركبة السطحية لقوة الشد السطحي (F)




$$\uparrow\ F = \sigma \cos\theta . L$$

$$= \sigma \cos\theta . 2\pi r$$

$$\downarrow\ W = (\pi r^2 . h) . \gamma$$

$$\therefore 2\pi r \sigma \cos\theta = \pi r^2 h . \gamma$$

$$\therefore h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\gamma . r}$$

For water : $\theta \approx 0 \Rightarrow \cos\theta = 1 \Rightarrow h = \dfrac{2\sigma}{\gamma . r}$

و بنفس الظاهرة تصعد جزيئات الماء داخل الفراغات "pores" المرجودة بين حبيبات التربة إلى أعلى ضد الجاذبية الأرضية حيث تعمل تلك الفراغات كأنها أنابيب شعرية.

فبعد عملية الري يهبط الماء لأسفل وعند الوصول إلى حالة الاتزان وتوقف هبوط الماء لأسفل يبدأ الماء الجوفي في الصعود لأعلى بالخاصية الشعرية حيث يصعد بسرعة في حالة التربة الخشنة والتي تمثل الفراغات الموجودة بين حبيباتها أنابيب شعرية منتظمة نسبياً.

بينما يكون صعود الماء الجوفي لأعلى بطيئاً في حالة التربة الناعمة حيث تكون الفراغات الصغيرة بين حبيباتها كثيرة ولكن غير منتظمة وبالتالي لا تعمل كأنابيب شعرية ، وعلى ذلك يصعب على النبات المزروع في الأراضي الطينية الحصول على المياه الجوفية.

**ويظل الماء محتجزاً بين حبيبات التربة متأثراً بقوة تسمى قوة الشد الرطوبي للتربة.**

**"Soil moisture tension" وتلك القوة هي التي تعمل على بقاء الماء في التربة ويمكن تعريفها بأنها "مقدار الطاقة اللازم بذلها لإزالة الماء من التربة".**

أما في حالة وجود أملاح ذائبة في ماء التربة فإن تلك الأملاح تؤدي إلى وجود ضغط أسموزى "Osmotic pressure" يزيد من قوة الارتباط بين المياه والتربة فيكون من الصعب على جذور النبات امتصاص الماء من التربة حيث يصبح مفروضاً على جذور النبات لكي تمتص الماء من التربة أن تبذل شغلاً مقداره يساوي محصلة الشد الرطوبي للتربة والضغط الأسموزي لماء التربة وهذا الشغل يسمى الإجهاد الرطوبي للتربة "Soil moisture stress"

∴ Soil moisture stress = Soil moisture tension +Osmotic pressure of soil solution

الإجهاد الرطوبي للتربة = الشد الرطوبي للتربة + الضغط الأسموزي لمحلول التربة.

لكي يحصل النبات على كفايته من المياه من التربة يجب تخفيض الضغط الأسموزي لمحلول التربة وذلك بتقليل نسبة الأملاح بها عن طريق عمليات غسيل التربة "**Leaching**" .

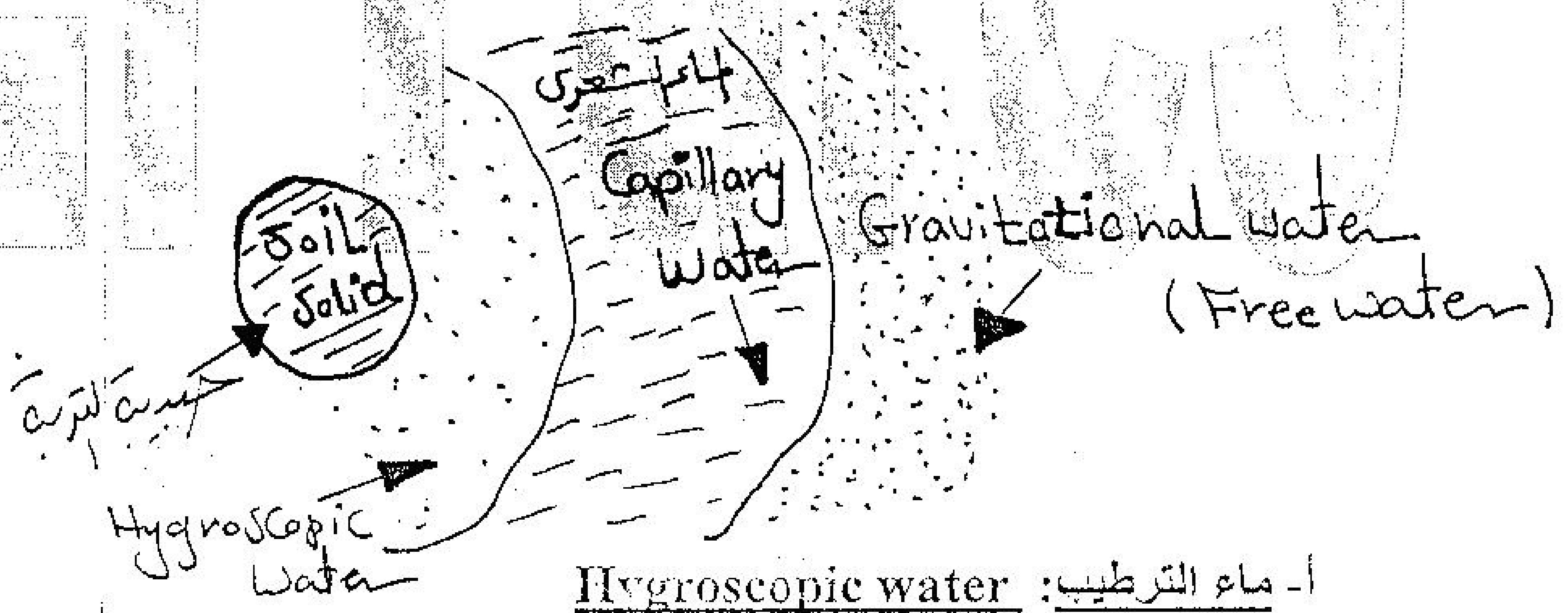
**تقاس قوة الشد الرطوبي للتربة وكذلك الإجهاد الرطوبي للتربة بوحدات الضغط الجوى:**

1 atm. = 1.033 $kg/cm^2$ ≈ 10.33 m of water ≈ 76 cm of mercury

1 bar = $10^5$ $N/m^2$ = $10^6$ $dyne/cm^2$.

---

5- **تصنيف الماء الموجود في التربة: Kinds of soil water**




أ- **ماء الترطيب: Hygroscopic water**

عبارة عن غشاء من الماء رقيق جداً يحيط بكل حبيبة من حبيبات التربة ويرتبط بها بقوة كبيرة جداً ولا يمكن التخلص من هذا الماء إلا بتجفيف التربة وإذا

تركت التربة بعد ذلك في الهواء مرة أخرى يعود إليها الماء الهيجروسكوبي مرة أخرى.

ونظراً لأن جذور النبات لا تقوى على امتصاص ماء الترطيب بسبب قوة ارتباطه الكبيرة بحبيبات التربة فإن النبات لا يستفيد من ماء الترطيب.

ب- الماء الشعري: Capillary water

وهو عبارة عن غشاء سميك نسبياً فوق طبقة ماء الترطيب ، وهذا الماء الشعري هو الذي تمتصه الجذور وينمو عليه النبات.

ج- الماء المجتذب: gravitational water

هي المياه الزائدة عن السعة الشعرية والتي لا تستطيع الفراغات بين حبيبات التربة الاحتفاظ بها ولذلك تسمى أحياناً بـ " المياه الحرة" حيث تتحرك إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية حتى تجد طبقة صماء فتتجمع فوقها مكونة الماء الجوفي.

---

6- حركة المياه خلال التربة : Movement of water into soil "Infiltration"

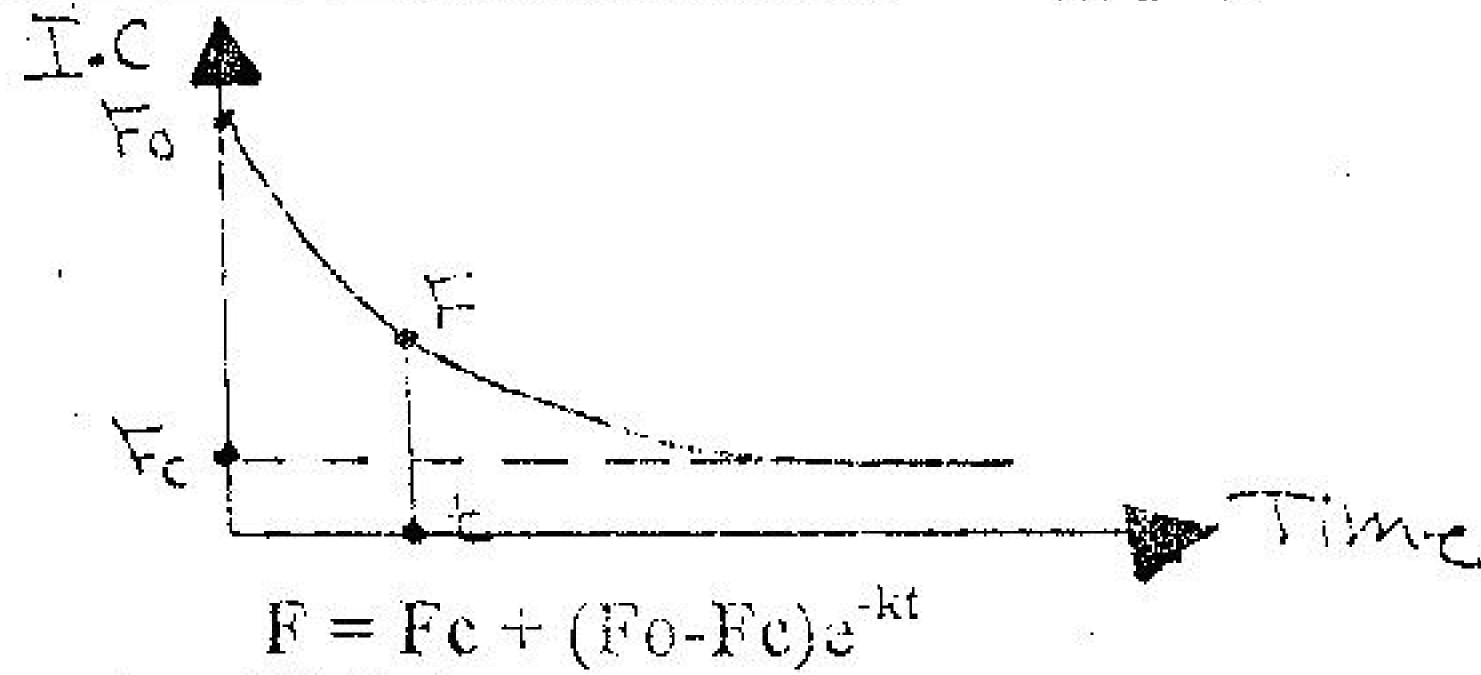
"Infiltration": هي حركة أو مرور المياه من سطح التربة إلى أسفل خلال مسام التربة.

ويعبر عن معدل الترشيح (Infiltration rate Ir) بمقدار سمك طبقة المياه التي تترشح داخل التربة خلال زمن معين وتكون وحدات معدل الترشيح هي inch/hour أو mm/hour

سعة الترشيح (Infiltration capacity I.C) هي أقصى معدل للترشيح يمكن أن تستوعبه تربة محددة في ظروف معينة.

استطاع العالم هورتون (Horton) أن يعبر عن سعة الترشيح

Infiltration capacity عن طريق العلاقة الآتية:




$$F = Fc + (Fo-Fc)e^{-kt}$$

حيث أن:-

(F) هي سعة الترشيح عند زمن t من بداية تزويد التربة بالمياه

(Fo) قيمة سعة الترشيح عند الزمن صفر (K) مقدار ثابت

(Fc) سعة الترشيح الثابتة ( e) 2.71828

ويمكن كتابة المعادلة السابقة علي الصورة:

$$Log (F-Fc) = \log [(Fo-Fc)e^{-kt}]$$

$$Log (F-Fc) = \log [(Fo-Fc)]-[kt \log e]$$

$$\log (F-Fc) - \log (Fo-Fc) = -kt \log e$$

$$t = \frac{\log(F-Fc) - \log(Fo-Fc)}{-K \log e}$$

$$t = \left(\frac{-1}{k \log e}\right) [\log (F-Fc) - \log (Fo-Fc)]$$

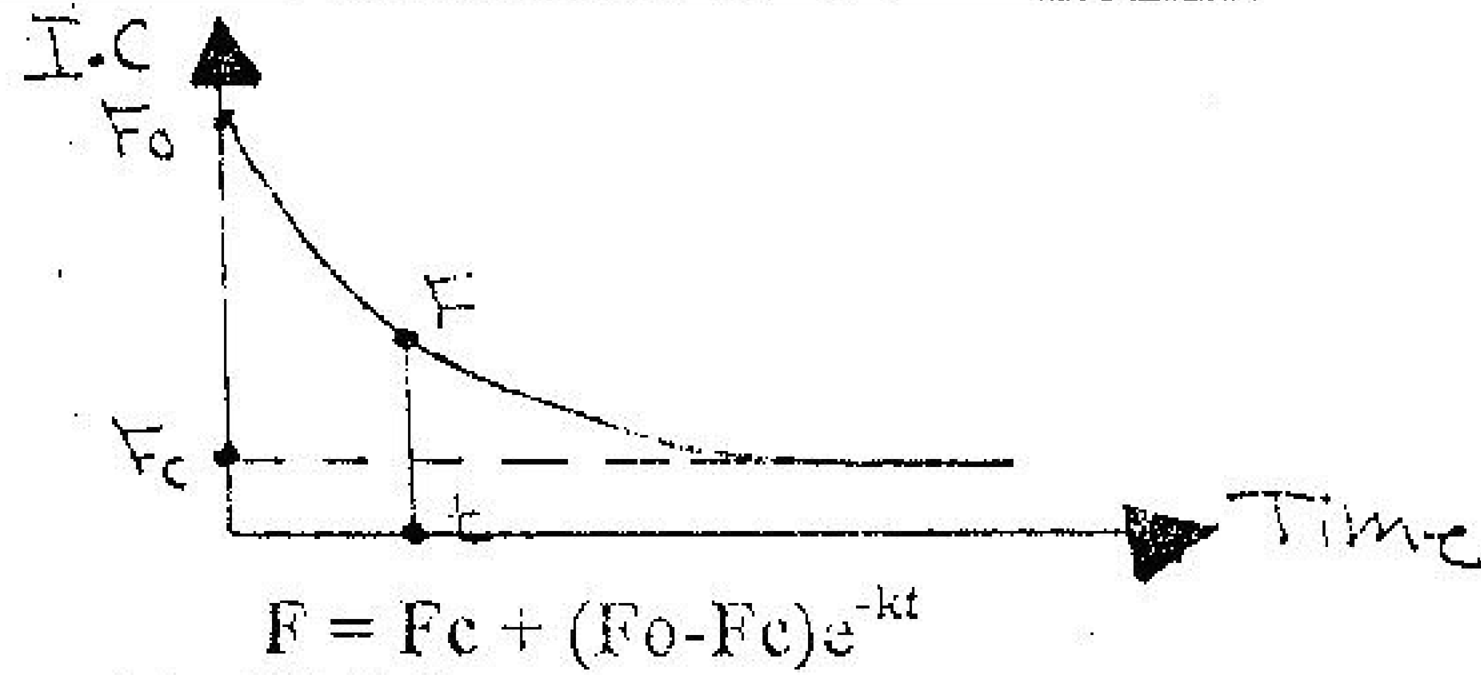
$$t = \frac{-1}{k \log e} * [\log (F-Fc)] + \frac{1}{k \log e} * [\log (Fo-Fc)]$$

$$\downarrow \quad \downarrow \qquad \downarrow \qquad\qquad \downarrow$$

$$Y = m \quad * \quad X \quad + \quad C$$

استطاع العالم هورتون (Horton) أن يعبر عن سعة الترشيح

عن طريق العلاقة الآتية: Infiltration capacity




$$F = Fc + (Fo - Fc)e^{-kt}$$

حيث أن:-

(F) هي سعة الترشيح عند زمن t من بداية تزويد التربة بالمياه

(Fo) قيمة سعة الترشيح عند الزمن صفر (K) مقدار ثابت

(Fc) سعة الترشيح الثابتة (e) 2.71828

ويمكن كتابة المعادلة السابقة علي الصورة:

$$\text{Log}\,(F-Fc) = \log\,[(Fo-Fc)e^{-kt}]$$

$$\text{Log}\,(F-Fc) = \log\,[(Fo-Fc)]-[kt\,\log e]$$

$$\log\,(F-Fc) - \log\,(Fo-Fc) = -kt\,\log e$$

$$t = \frac{\log(F-Fc) - \log(Fo-Fc)}{-K\log e}$$

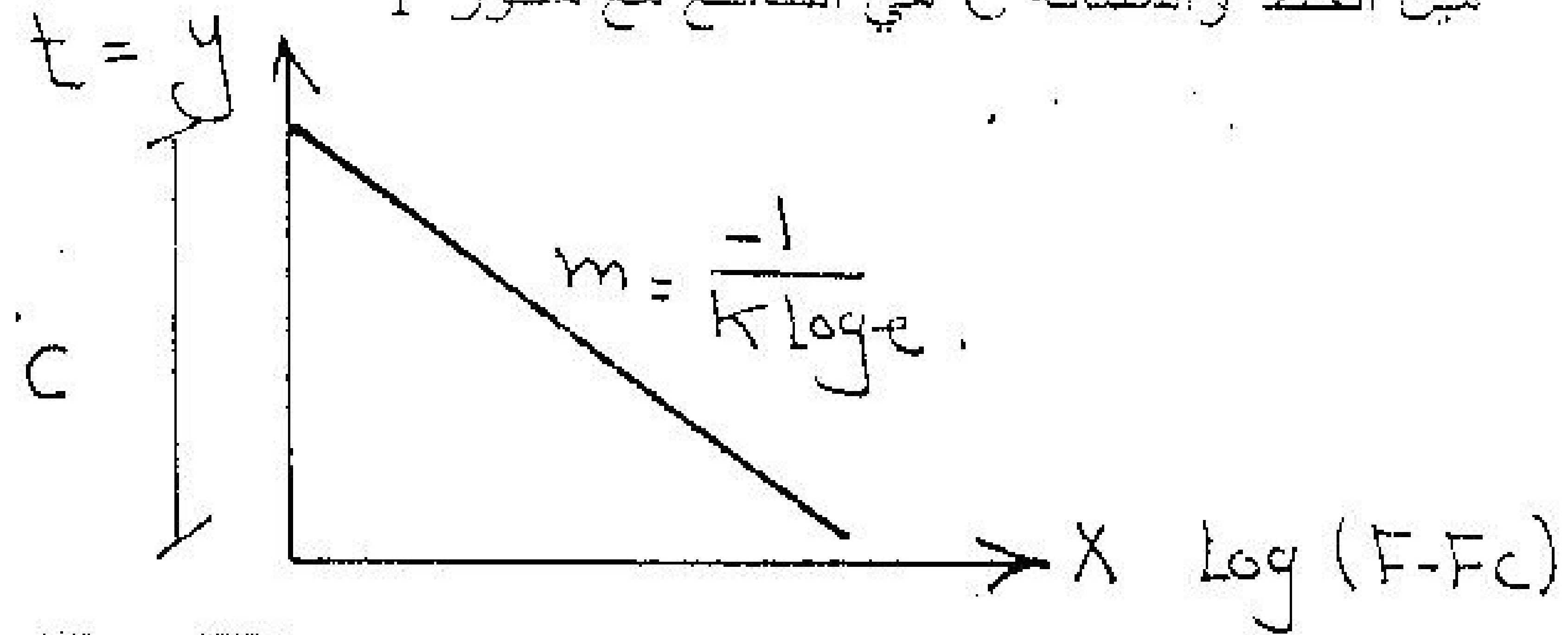
$$t = \left(\frac{-1}{k\log e}\right)[\log\,(F-Fc) - \log\,(Fo-Fc)]$$

$$t = \frac{-1}{k\log e} * [\log\,(F-Fc)] + \frac{1}{k\log e} * [\log\,(Fo-Fc)]$$

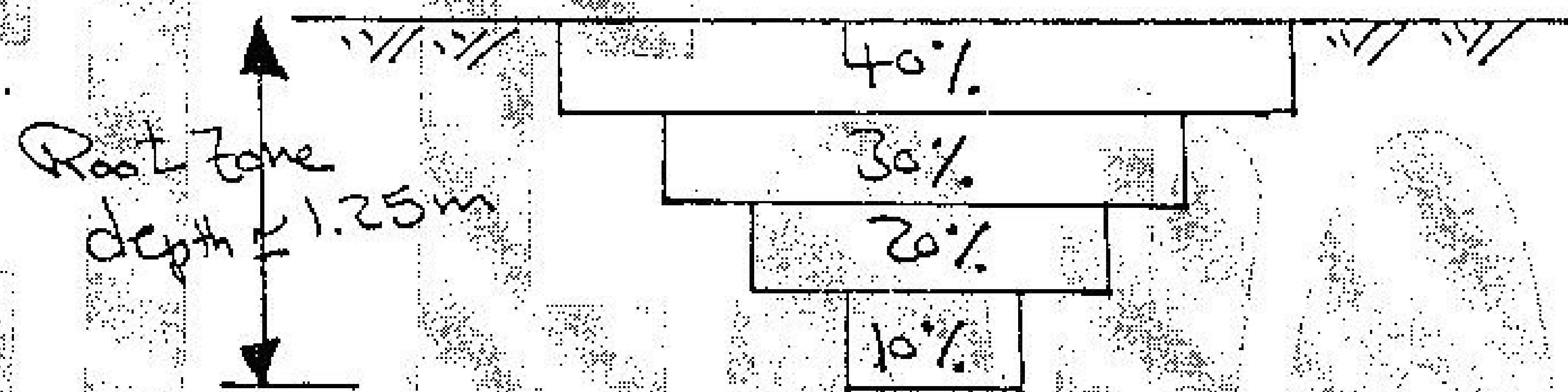
$$\downarrow \quad \downarrow \qquad \downarrow \qquad\qquad \downarrow$$

$$Y = m \;\; * \;\; X \;\; + \;\; C$$

هذه المعادلة يمكن وضعها علي صورة معادلة خطية Y=mx+c حيث (m) هو ميل الخط والمسافة C هي التقاطع مع محور Y




7- عمق منطقة الجذور: **Root zone depth**




منطقة الجذور هي المنطقة أسفل سطح التربة والتي تنتشر فيها جذور المحاصيل ويكون عمق هذه المنطقة في الغالب 1.25 م.

ويتركز معظم الجذر في الجزء العلوي من منطقة الجذور ولذلك يحتاج الربع العلوي من منطقة الجذور إلى حوالي 40% من الاحتياجات المائية الكلية للنبات ثم 30% للربع الثاني ثم 20% من الاحتياجات المائية للربع الثالث ثم 10% للربع الرابع.

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 3 ري

## 8- الثوابت الرطوبية للتربة: Soil moisture constants

هي نسب تواجد الماء في التربة في الحالات المختلفة.

### (1)سعة التشبع: Saturation capacity

تصل التربة إلى هذه الحالة عندما تمتلئ جميع المسام الموجودة بها تماماً بالماء.وعند هذه الحالة تكون قوة الشد الرطوبي تساوي صفر.

---

### (2)السعة الحقلية: Field capacity

هي كمية الرطوبة التي تحتفظ بها التربة بعد أن تتخلص من المياه الزائدة أي بعد توقف حركة كل المياه الهابطة إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية.

وبمعنى آخر فهي تعادل مجموع مياه الترطيب (Hygroscopic water) والمياه الشعرية (Capillary water).

**At Field capacity:**

Soil moisture tension for **sandy** soil = $\frac{1}{10}$ atm.

Soil moisture tension for **clayey** soil = $\frac{1}{3}$ atm.

**وعادةً تصل التربة الزراعية إلى سعتها الحقلية بعد حوالي يوم إلى ثلاثة أيام من انتهاء عملية الري حسب نوع التربة.**

Field capacity = Normal moisture capacity = capillary capacity

---

### (3)المكافئ الرطوبي: Moisture Equivalent "M.E"

هي كمية الرطوبة التي تحتفظ بها عينة من التربة مشبعة بالمياه بعد تعريضها لقوة طاردة مركزية (Centrifugal force) تعادل 1000 مرة قوة الجاذبية الأرضية لمدة نصف ساعة.

---

## (4)نقطة الذبول الدائم: Permanent wilting point

عبارة عن محتوى الرطوبة الذي يحدث عنده الذبول الدائم للنبات ولكن إذا أضيفت المياه إلى التربة فإن النبات يعود للنمو مرة أخرى.

---

## (5)نقطة الذبول النهائية: Ultimate wilting point

عبارة عن محتوى الرطوبة الذي يموت عنده النبات حتى لو أضيفت المياه مرة أخرى إلى التربة ويكون الشد الرطوبي للتربة عند هذه النقطة حوالي 60 ضغط جوي.

---

## (6)الماء المتاح: Available water

هي كمية الرطوبة الموجودة في التربة والمحصورة بين السعة الحقلية ودرجة الذبول الدائم.

**Available water = Field capacity – Permanent wilting point**

---

## (7)الماء المتاح بسهولة: Readily available water

هي كمية الرطوبة الذي يمكن للنبات عندها أن يحصل على الماء بسهولة وهي تمثل حوالي 75% من الماء المتاح.

Readily available water = M.L * available water

= M.L * (Field capacity – wilting point)

M.L = moisture level = 75%

---

## (8)المحتوى الرطوبي المثالي: Optimum moisture content

هى كمية الرطوبة التي يحدث عندها نمو مثالي للنبات.

---

## Soil moisture deficiency :العجز الرطوبي للتربة(9)

هي كمية المياه التي يجب إضافتها للتربة حتى يصل محتوى الرطوبة بها إلى السعة الحقلية.

---

## Frequency of irrigation الفترة بين ريتين متتاليتين

يمكن حساب سُمك طبقة المياه اللازم تخزينها في منطقة جذور النبات للوصول إلى المحتوى الرطوبي للماء المتاح بسهولة Readily available water

$$D = \frac{\gamma_s . d}{\gamma_w} \times M.L \times (F_c - W)$$




D : عمق الماء

d : عمق منطقة الجذور المراد تشبعها بالماء

$F_c$ : السعة الحقلية

W : نقطة الذبول الدائم

M.L : المحتوي الرطوبي

$$F = \frac{D}{Cu}$$

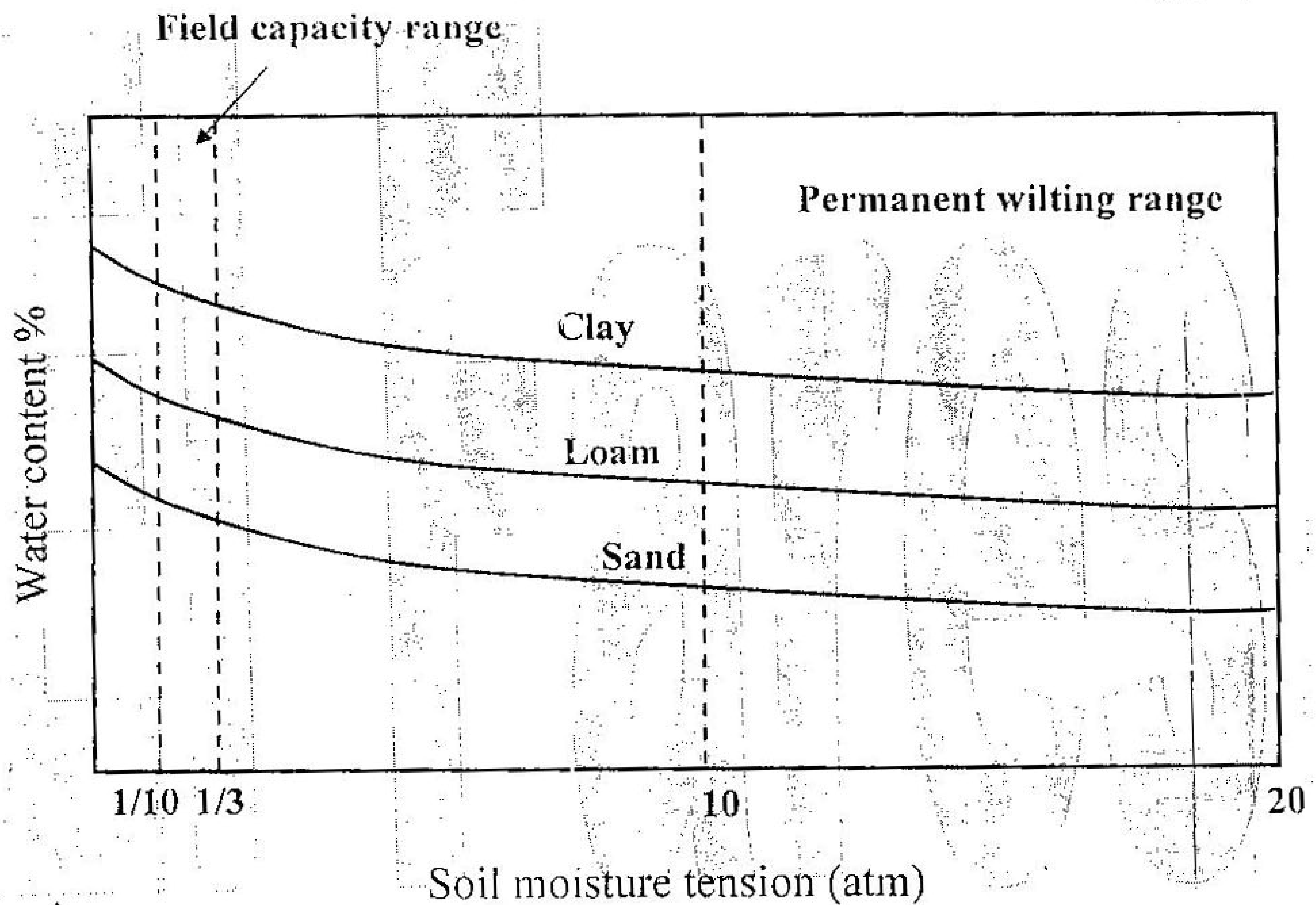
F : الفترة بين الريتين

Cu : الإستهلاك المائي للنبات Consumptive use

## Moisture extraction curves

### Curves of soil moisture variation

هي منحنيات توضح العلاقة بين محتوي رطوبة التربة وقيمة الشد الرطوبي.



# Examples

## Example 1

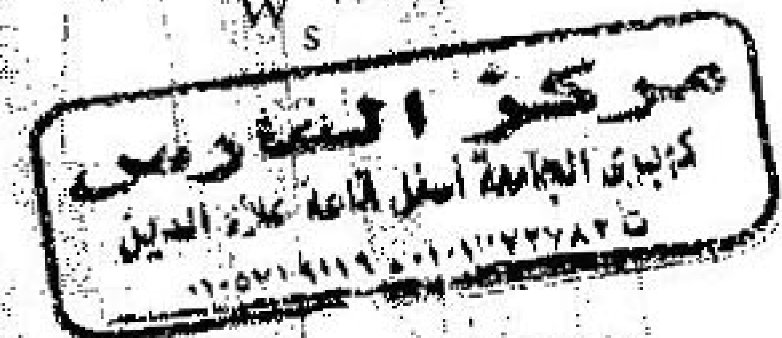
**A cylinder of inner diameter 15.2 cm is used to obtain a soil sample of length 20.3 cm in its natural state , if the moist soil sample weights 56.7 Newton and when oven dried weights 50.8 Newton , Determine :**

**a) The percent moisture content on dry weight basis ( $p_w$ ) .**

**b) The apparent specific gravity of soil .**

### Solution

a) Soil moisture content on weight basis = $p_w = \frac{W_w}{W_s} * 100$




$$W_w = 56.7 - 50.8 = 5.9 \text{ N}$$

$$\therefore p_w = \frac{5.9}{50.8} * 100 = 11.61\%$$

b) $A_s = \frac{W_s}{V_t * \gamma_w}$ , $\gamma_w = 1 \text{ gm} / \text{cm}^3$

$$V_t = \frac{\pi D^2}{4} * L = \frac{\pi * 15.2^2}{4} * 20.3 = 3683.61 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ Kg}_f = 9.81 \text{ N}$$

$$\therefore w_s = \frac{50.8}{9.81} \times 1000 = 5178.4 \text{ gm}$$

$$\therefore A_s = \frac{5178.4}{3683.61 * 1} = 1.41$$

## Exercise No.2

### Question 2:

**A 120 $cm^3$ soil sample originally weighted 200 gm upon drying the sample weighted 180 gm.**

**a) Calculate the bulk density of this sample.**

**b) Calculate $p_w$% of ($H_2o$) by weight.**

**c) Calculate $p_v$% of ($H_2o$) by volume.**

### Solution

a) $\gamma b_{dry} = \frac{w_s}{v_t} = \frac{180}{120} = 1.5 \ gm/cm^3$

b) Weight of water = Ww = 200 − 180 = 20 gm

Soil moisture content by weight = $p_w = \frac{W_w}{W_s} * 100$

$$\therefore p_w = \frac{20}{180} * 100 = 11.11\%$$

c) Soil moisture content by volume = $p_v = \frac{V_w}{V_t} * 100$

$$\gamma_w = 1 gm/cm^3 = \frac{W_w}{V_w} = \frac{20}{V_w} \Rightarrow V_w = 20 \ cm^3$$

$$\therefore p_v = \frac{20}{120} * 100 = 16.67\ \%$$



(6)

## Question 3:

**If a soil has a bulk density of 1.25 gm/ cm$^3$. Pw = 10% at the wilting point. Pw = 22 % at field capacity, and Pw at saturation = 30%.**

**a) Assume the soil is at the wilting point. How many cm of water must be added to bring 1 meter of this soil up to field capacity?**

**b) Assume the soil is at the wilting point. How many cm of water must be added to saturate the soil to depth of 60 cms?**

**c) If the soil is at wilting point, how deep will an 8 cms rainfall soak تخترق the soil ? Assume the soil reaches field capacity and all of the precipitation enters the soil.**

### Solution

a) $D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (F - w)$

$$\therefore D = \frac{1.25*100}{1} (0.22 - 0.1) = 15 \text{ cm}$$

b) $D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (p_w \text{"at saturation"} - w)$

$$\therefore D = \frac{1.25*60}{1} (0.3 - 0.1) = 15 \text{ cm}$$

c) $D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (F - w)$

$$\therefore 8 = \frac{1.25 * d}{1}(0.22 - 0.1)$$

$$\therefore d = 53.3 \text{ cm}$$

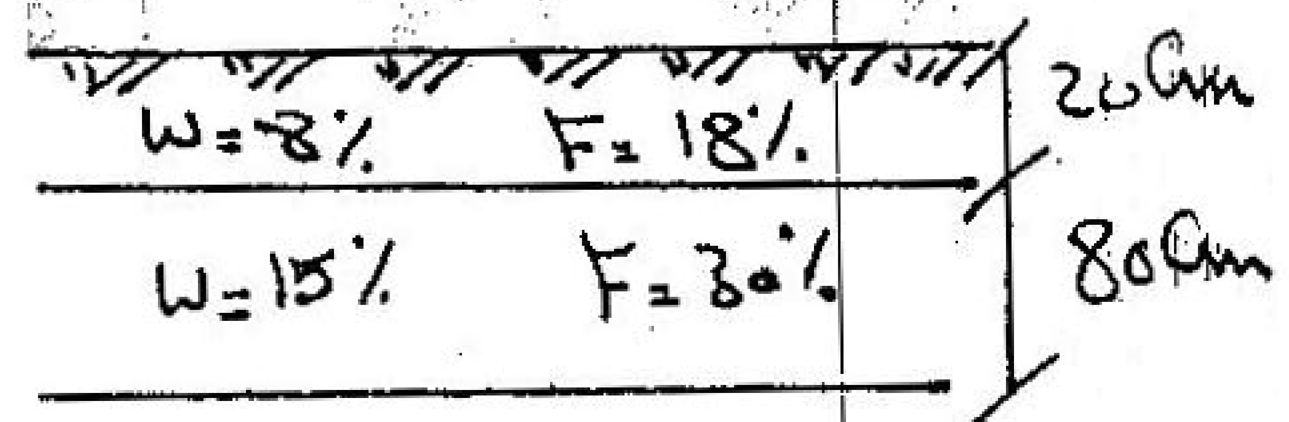
## Question 4:

**A soil is found to consist of two layers of soil with the following characteristics:**

| | **Layer I** | **Layer II** |
|---|---|---|
| **Depth** | **0 – 20 cm** | **20 – 100 cm** |
| **Bulk density** | **1.2 gm / cm³** | **1.2 gm / cm³** |
| **Field capacity** | **Pw = 18%** | **Pw = 30 %** |
| **Wilting point** | **pw = 8 %** | **pw = 15 %** |

**Assume both layers of soil are initially at the wilting point. How deep will a 5 cm rainfall soak this soil? Assume that all of the rainfall infiltrates the soil and that the rainfall soaks both layers to field capacity.**

### Solution




$$D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w}(F - w)$$

$$D1 = \frac{1.2 * 20}{1}(0.18 - 0.08) = 2.4 \text{ cm}$$

$$\because D_{total} = 5\,cm \Rightarrow D2 = 5 - 2.4 = 2.6\ cm.$$

$$2.6 = \frac{1.2 * d_2}{1}(0.3 - 0.15) \Rightarrow d2 = 14.44 \text{ cm}$$

$$\therefore d_{total} = d_1 + d_2 = 20 + 14.44 = 34.44\,cm$$

## Question 7:

After how many days will you supply water to soil in order to ensure irrigation of the given crop , if :

$p_w$ at field capacity = 28 %

$p_w$ at wilting point = 13 %

Bulk density of soil = 1.3 gm / $cm^3$

Effective depth of root zone = 70 cm

Cu = 12 mm

Optimum soil moisture level = 80 %

### Solution

$$D = \frac{\gamma_s . d}{\gamma_w} ML(F-W) = \frac{1.3 * 70}{1} * 0.8(0.28 - 0.13) = 10.92 \text{ cm}$$

$$\therefore F = \frac{D}{cu} = \frac{10.92}{1.2} = 9.1 \approx 9 \text{ days}.$$

## Question 8:

Find the field capacity of a soil with the following data :

| | |
|---|---|
| Root zone depth | = 2.5 m |
| Existing water content | = 7.5 % |
| Dry density of soil | = 1.5 gm / $cm^3$ |
| Water applied to the soil | = 600 $m^3$ |
| Water losses due to evaporation | = 15 % |
| Area of plot | = 1000 $m^2$ |

## Solution

Volume of water stored $= (100\ \% - 15\ \%) * 600$

$= 510\ m^3$

Depth of water stored $= \frac{510}{1000} = 0.51\ m$

$= 51\ cm = D$

$$D = \frac{\gamma_s \cdot d}{\gamma_w} (F - w)$$

$$51 = \frac{1.5 * 250}{1} (F - 0.075)$$

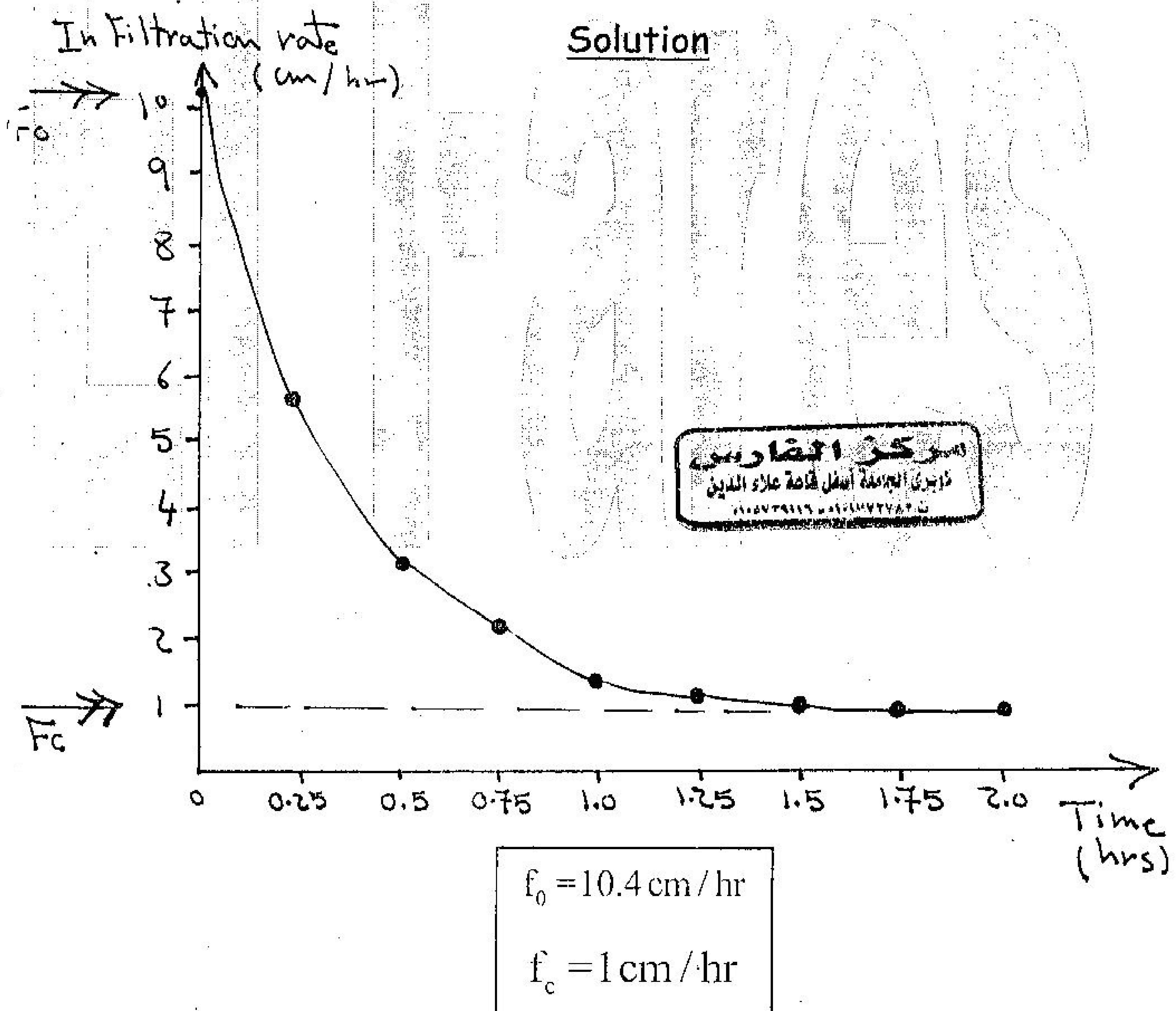
$$\therefore F = 21.1\%$$

## Question 9:

**The I.C. " infiltration capacity " of an area at different intervals of time is indicated in the following table . Find an equation of the I.C. in the exponential from :**

| Time (hours) | 0.0 | 0.25 | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 1.25 | 1.5 | 1.75 | 2.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Infiltration rate F ( cm / hr ) | 10.4 | 5.6 | 3.2 | 2.10 | 1.5 | 1.20 | 1.1 | 1.00 | 1.0 |

## Solution




$$f_0 = 10.4\ \text{cm/hr}$$

$$f_c = 1\ \text{cm/hr}$$

$$f = F_c + (F_0 - F_c)\ e^{-kt}$$

معادلة "هورتون" التي تمثل منحني تغير سعة الترشيح مع الزمن

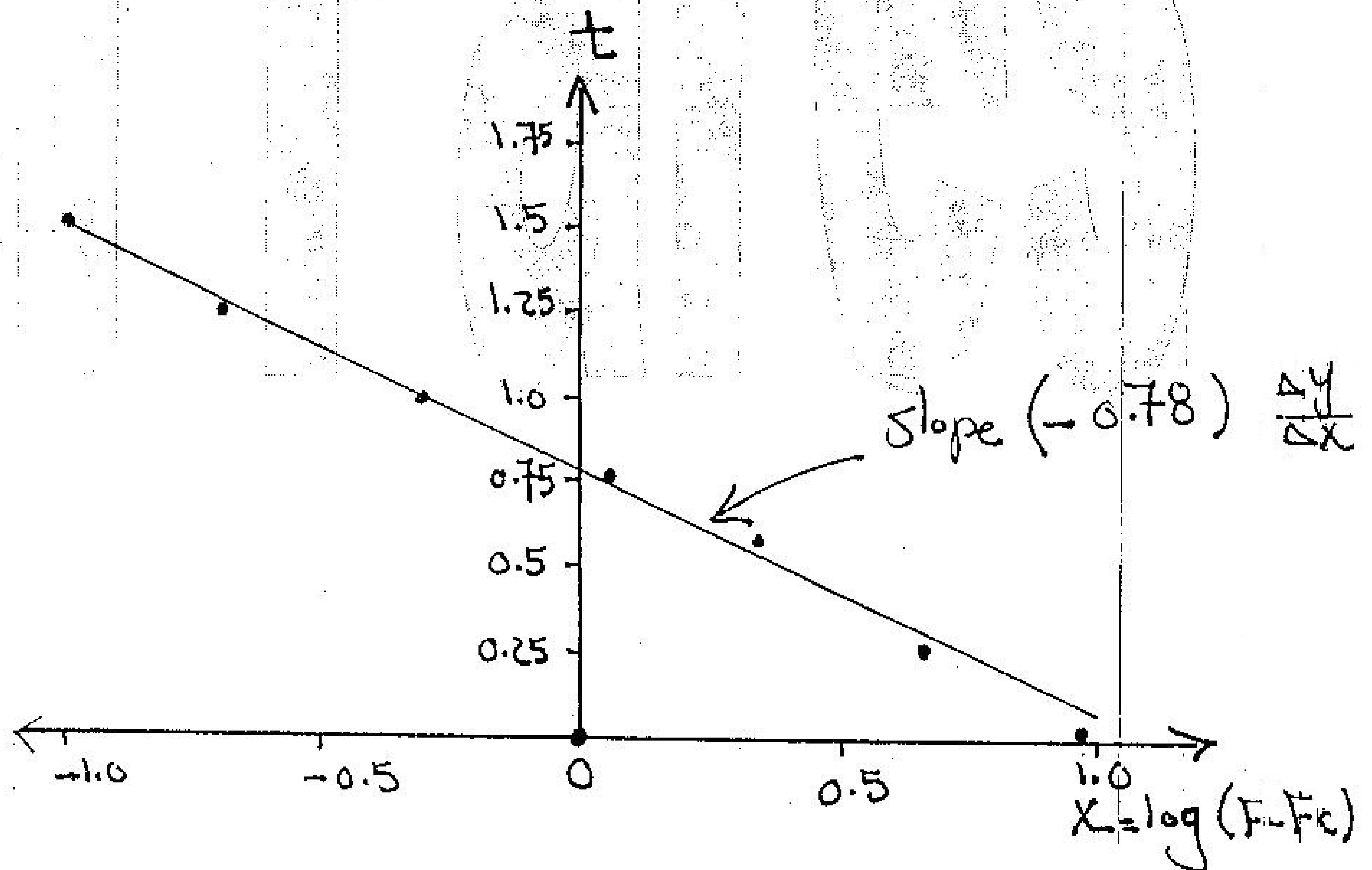
$$t = \frac{-1}{k \log e} * [\log (F-Fc)] + \frac{1}{k \log e} * [\log (Fo-Fc)]$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

$$Y = m * X + C$$

وهذه المعادلة تمثل معادلة خط مستقيم على الصورة : $y = mx + c$

| Y = t | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 1.25 | 1.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (F-Fc) | 9.4 | 4.6 | 2.2 | 1.1 | 0.5 | 0.2 | 0.1 |
| X=log (F-Fc) | 0.97 | 0.66 | 0.34 | 0.04 | -0.3 | -0.7 | -1 |



$$m = \frac{-1}{K \log e}$$

$$slope = -0.78 = m = \frac{-1}{K \log e}$$

$$\therefore k \log e = \frac{1}{0.78}$$

$$K = 2.95$$

$$F = 1 + (10.4 - 1) e^{-2.95 t}$$

$$\therefore F = 1 + 9.4 e^{-2.95 t}$$



(13)

# Irrigation & Drainage Engineering

El Fares

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 4 ري

# Chapter (3)
# Crops Consumptive use of water
# الإستهلاك المائي للمحاصيل




## Consumptive use (Evapo-transpiration):

هو عبارة عن كمية المياه التي يستخدمها النبات في مراحل النمو وكذلك المياه المفقودة من التربة عن طريق البخر (مجموع كميتي النتح والبخر).

## Potential Evaporation:

هي أقصي كمية مياه يمكن أن تتبخر من منطقة معينة إلي الغلاف الجوي تحت تأثير العوامل الجوية في هذه المنطقة.

## 1- Blaney - criddle Equation

قام ( بلاني – كريدل ) بحساب معدل استهلاك النبات لمياه الري وذلك عن طريق ربط التأثيرات الجوية مثل متوسط درجة الحرارة والنسبة المئوية لساعات سطوع الشمس حيث وضعا المعادلة الآتية :

$$U = 192\, K\, P\, (t + 17.8) / 100 \qquad m^3/\text{Fed}/\text{month}$$

$$U = 4.57\, K\, P\, (t + 17.8) / 100 \qquad \text{cm/month}$$

Where :

U= monthly consumptive use of crop. الاستهلاك المائي الشهري للنبات

K = crop coefficient "From table" معامل يتوقف علي نوع المحصول

P = monthly day light hours as a percent of day light hours of the year.

نسبة عدد ساعات سطوع الشمس خلال الشهر المحدد إلي عدد ساعات سطوع الشمس في السنة .

t = mean monthly temperature (°C) متوسط درجات الحرارة خلال الشهر

| **U = k.p.t / 100** | Inch/ month |
|---|---|

t = mean monthly temperature (°F)

$$t_{f^\circ} = 1.8 * t_{c^\circ} + 32$$



Monthly consumptive use crop coefficient (k)

| Crop | Months | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Rice | | | | .85 | 1.0 | 1.15 | 1.3 | 1.25 | 1.1 | .90 | | |
| Maize | | | | .50 | .60 | .70 | .80 | .80 | .60 | .50 | | |
| Wheat | .50 | .70 | .70 | .70 | | | | | | | | |
| Sugarcane | .75 | .80 | .85 | .85 | .90 | .95 | 1.0 | 1.0 | .95 | .90 | .85 | .75 |
| Cotton | | | | .50 | .60 | .75 | .90 | .85 | .75 | .55 | .50 | .50 |
| Vegetables | .50 | .55 | .60 | .65 | .70 | .75 | .80 | .80 | .70 | .60 | .55 | .50 |
| Berseem | .50 | .70 | .80 | .90 | 1.0 | | | | .60 | .65 | .70 | .65 |
| Citrus | .50 | .55 | .55 | .60 | .60 | .65 | .70 | .70 | .65 | .60 | .55 | .55 |

**Latitude**
خط العرض

Monthly daylight hours as percent of daylight hours of the year (P)

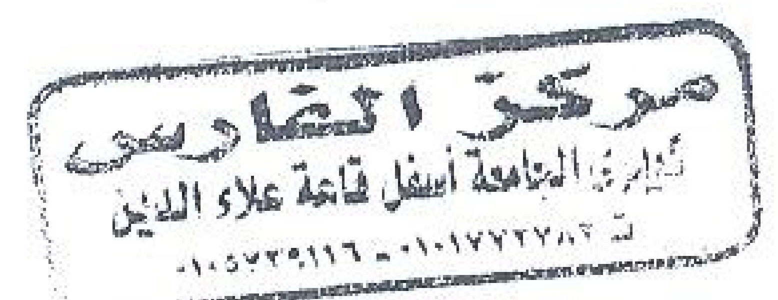
| Lat | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 8.50 | 7.66 | 8.49 | 8.21 | 8.5 | 8.22 | 8.50 | 8.49 | 8.21 | 8.50 | 8.22 | 8.50 |
| 5 | 8.32 | 7.57 | 8.47 | 8.29 | 8.65 | 8.41 | 8.67 | 8.60 | 8.23 | 8.42 | 8.07 | 8.30 |
| 10 | 8.13 | 7.47 | 8.45 | 8.37 | 8.81 | 8.60 | 8.86 | 8.71 | 8.25 | 8.34 | 7.91 | 8.10 |
| 15 | 7.94 | 7.36 | 8.43 | 8.44 | 8.98 | 8.80 | 9.05 | 8.83 | 8.28 | 8.26 | 7.75 | 7.88 |
| 20 | 7.74 | 7.25 | 8.41 | 8.52 | 9.15 | 9.00 | 9.25 | 8.96 | 8.30 | 8.18 | 7.58 | 7.66 |
| 25 | 7.53 | 7.14 | 8.39 | 8.61 | 9.33 | 9.23 | 9.45 | 9.09 | 8.32 | 8.09 | 7.40 | 7.42 |
| 30 | 7.30 | 7.03 | 8.33 | 8.72 | 9.53 | 9.49 | 9.67 | 9.22 | 8.33 | 7.99 | 7.19 | 7.15 |
| 32 | 7.20 | 6.97 | 8.37 | 8.76 | 9.62 | 9.59 | 9.77 | 9.27 | 8.34 | 7.95 | 7.11 | 7.05 |
| 34 | 7.10 | 6.91 | 8.36 | 8.80 | 9.72 | 9.70 | 9.88 | 9.33 | 8.36 | 7.90 | 7.02 | 6.92 |
| 36 | 6.99 | 6.85 | 8.35 | 8.85 | 9.82 | 9.82 | 9.99 | 9.40 | 8.37 | 7.85 | 6.92 | 6.79 |
| 38 | 6.87 | 6.79 | 8.34 | 8.90 | 9.92 | 9.95 | 10.10 | 9.47 | 8.38 | 7.80 | 6.82 | 6.66 |
| 40 | 6.76 | 6.72 | 8.33 | 8.95 | 10.02 | 10.08 | 10.22 | 9.54 | 8.39 | 7.75 | 6.72 | 7.52 |
| 42 | 6.63 | 6.65 | 8.31 | 9.00 | 10.14 | 10.22 | 10.35 | 9.62 | 8.40 | 7.69 | 6.62 | 6.37 |
| 44 | 6.49 | 5.58 | 8.30 | 9.06 | 10.26 | 10.38 | 10.49 | 9.70 | 8.41 | 7.63 | 6.49 | 6.21 |
| 46 | 6.34 | 6.50 | 8.29 | 9.12 | 10.39 | 10.54 | 10.64 | 9.79 | 8.42 | 7.57 | 6.36 | 6.04 |
| 48 | 6.17 | 6.41 | 8.17 | 9.18 | 10.53 | 10.71 | 10.80 | 9.89 | 8.44 | 7.51 | 6.23 | 5.86 |
| 50 | 5.98 | 6.30 | 8.24 | 9.24 | 10.68 | 10.91 | 10.99 | 10.00 | 8.46 | 7.45 | 6.10 | 5.65 |
| 52 | 5.77 | 6.19 | 8.21 | 9.29 | 10.85 | 11.13 | 11.20 | 10.12 | 8.49 | 7.39 | 6.93 | 5.43 |
| 54 | 5.55 | 6.08 | 8.18 | 9.36 | 11.03 | 11.38 | 11.43 | 10.26 | 8.51 | 7.30 | 5.74 | 5.18 |
| 56 | 5.30 | 5.95 | 8.15 | 9.45 | 11.22 | 11.67 | 11.69 | 10.40 | 8.53 | 7.21 | 5.54 | 4.89 |
| 58 | 5.01 | 5.81 | 8.12 | 9.55 | 11.46 | 12.00 | 11.98 | 10.55 | 8.55 | 7.10 | 4.31 | 4.56 |
| 60 | 4.67 | 5.65 | 8.08 | 9.65 | 11.74 | 12.39 | 12.31 | 10.70 | 8.57 | 6.98 | 5.04 | 4.22 |

## 2- Greeve's Equation

$$U = 180\ K.\ C.d\ .\ t \qquad m^3/fed/month$$

**Where:**

U = monthly consumptive use of crop.



K = Greeve's coefficient. معامل يعتمد على نوع المحصول

C = Coefficient depends on degree of humidity.

معامل يعتمد على درجة الرطوبة

d = Coefficient depends on day light in month.

معامل يعتمد على عدد ساعات النهار المضيئة بالنسبة للشهر

$t_{c^\circ}$ = Mean monthly temperature. متوسط درجة الحرارة في الشهر

**Greeve's Coefficient "K"**

| Crop | "K" |
|---|---|
| Rice | 1.4 |
| Maize | 0.5 |
| Wheat | 0.5 |
| Sugarcane | 0.7 |
| Cotton | 0.6 |
| Vegetables | 0.5 |
| Berseem | 0.65 |
| Citrus | 0.6 |
| Beans | 0.6 |

**Coefficient "C"**

| % of humidity | "C" |
|---|---|
| 10% | 0.37 |
| 20% | 0.32 |
| 30% | 0.28 |
| 40% | 0.25 |
| 50% | 0.21 |
| 60% | 0.17 |
| 70% | 0.13 |
| 80% | 0.09 |
| 90% | 0.05 |
| 100% | 0.02 |

**Factor "d"**

| Month | Latitude 30° | Latitude 35° |
|---|---|---|
| Jan. | 0.88 | 0.85 |
| Feb. | 0.84 | 0.83 |
| March | 1.00 | 1.00 |
| April | 1.05 | 1.06 |
| May | 1.14 | 1.17 |
| June | 1.14 | 1.17 |
| July | 1.16 | 1.19 |
| August | 1.11 | 1.32 |
| Sept. | 1.10 | 0.96 |
| Oct. | 0.96 | 0.94 |
| Nov. | 0.86 | 0.84 |
| Dec. | 0.86 | 0.82 |

# 3- Thornthwaite Equation

تعتمد فكرة هذه المعادلة على حساب أقصى كمية من المياه يمكن أن تتبخر من سطح الأرض لمساحة معينة (Potential Evaporation $PE_t$) .

ثم حساب معدل الإستهلاك علي أنه نسبة من هذا البخر.

$$U = K_c \cdot PE_t \qquad \text{cm/month}$$

حيث : $K_c$ = معامل يعتمد على نوع المحصول " من الجدول " .

$$PE_t = 1.6\, L_d \left(\frac{10\, t}{I}\right)^a \qquad \text{cm/month}$$

$L_d$ = Percent of daylights during month to the number (360) hours.

النسبة بين عدد ساعات الإضاءة في الشهر إلى العدد 360 ساعة (من الجدول)

t = average monthly air temperature "C°"

$$I = \sum_1^{12} i \qquad , \qquad i = (0.2\, t)^{1.514}$$

$$a = 0.000000675\, I^3 - 0.0000771\, I^2 + 0.0179\, I + 0.49239$$

**Crop Water Use Coefficient ($K_c$)**

| Month | $K_c$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barley | Alfalfa | Wheat | Beans | Maize | Cotton | Rice |
| January | 1.07 | 0.89 | 1.02 | 0.80 | | | |
| Feb. | 1.03 | 0.91 | 1.08 | 1.04 | | 0.59 | |
| March | 0.60 | 0.92 | 1.04 | 1.05 | | 0.74 | |
| April | | 0.90 | 0.57 | 1.00 | | 1.00 | |
| May | | 1.06 | | | 0.39 | 1.14 | 1.05 |
| June | | | | | 0.75 | 1.13 | 1.17 |
| July | | | | | 1.09 | 1.00 | 1.31 |
| August | | | | | 1.03 | 0.78 | 1.20 |
| Sept. | | | | | | | 0.96 |
| October | | 0.46 | | | | | |
| Nov. | 0.62 | 0.87 | 0.57 | | | | |
| Dec. | 0.93 | 0.89 | 0.69 | 0.61 | | | |

($L'_d$)

| Month | Latitude | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20 | 30 | 35 | 40 |
| January | 0.95 | 0.90 | 0.87 | 0.84 |
| February | 0.90 | 0.87 | 0.85 | 0.83 |
| March | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 |
| April | 1.05 | 1.08 | 1.09 | 1.11 |
| May | 1.13 | 1.18 | 1.21 | 1.24 |
| June | 1.11 | 1.17 | 1.21 | 1.25 |
| July | 1.14 | 1.20 | 1.23 | 1.27 |
| August | 1.11 | 1.14 | 1.16 | 1.18 |
| September | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.04 |
| October | 1.00 | 0.98 | 0.97 | 0.96 |
| November | 0.93 | 0.89 | 0.86 | 0.83 |
| December | 0.94 | 0.88 | 0.85 | 0.81 |

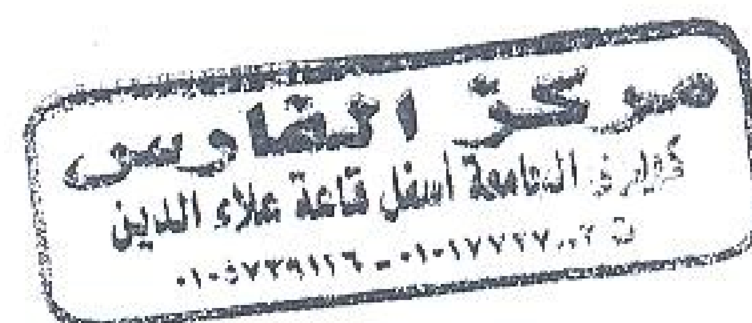


## 4- Penman Equation

تعتمد هذه المعادلة علي حساب **Potential Evaporation** $PE_t$ عن طريق بعض العوامل مثل سرعة الرياح وقياس أشعة الشمس الساقطة علي سطح الأرض بالإضافة الي الفرق بين ضغط بخار الهواء وضغط بخار التشبع.







# Examples

## Example 1

It is required to calculate the water consumptive use during the period from 13 to 21 of July (8 days) for an area cultivated with "Alfalfa برسيم" using the available information and using Blaney and criddle formula:

- Average air temperature during the given period = 22.3c.
- Number of day light hours during the specified month with respect to the year "P" = 10.68 %.
- The average value of crop coefficient during the specified period = 1.08.

### Solution

$$U = 4.57\ KP\ (t + 17.8) / 100$$

$$U = 4.57 * 1.08 * 10.68 * (22.3+17.8) / 100$$

$$= 21.14\ cm / month = \frac{21.14}{31} = 0.682\ \ cm/day$$

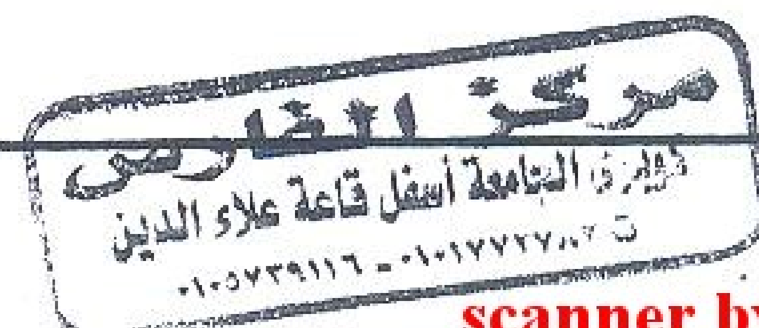
Consumptive use during (8days) = 0.682 * 8 = 5.45 cm

## Example 2

Using "Blaney and criddle" equation it is required to calculate the maximum period between 2- successive watering for a certain crop during a certain period according to the following data:







- Effective root zone depth "d" = 50 cm.
- Average temperature "t" = 25 c
- Number of day light hours during the specified month with respect to the year "p" = 8.38%
- The average value of crop coefficient during the specified period "k" = 0.7
- Apparent specific gravity for cultivated soil = 1.4
- Field capacity and permanent wilting point (on weight basis) = 21% , 12% .
- Optimum moisture level (M.L) = 80 %

**Solution**





Frequency of irrigation = $F = \frac{D}{CU}$

Depth of water stored in the root zone = $D = \frac{\gamma_s . d}{\gamma_w} . ML\ (F - W)$

$\therefore D = 1.4 * 50 * 0.8 * (0.21 - 0.12) = 5.04$ cm

$$CU = U = 4.57\ Kp\ (t + 17.8)\ /\ 100$$

$\therefore CU = 4.57 * 0.7 * 8.38 * (25 + 17.8) / 100 = 11.47$ cm/month

$= \frac{11.47}{30} = 0.38$ cm/day

$\therefore f = \frac{D}{CU} = \frac{5.04}{0.38} = 13.26$ days $\approx$ 13 days

## Exercise No.3

### Question 2:

Using Blaney and criddle equation it is required to calculate the water consumptive use and the maximum period between two watering during a certain period from the growing stage of a certain crop according to the following information:



- Average air temperature = $25^o$ c
- Percent of day light hours during the month with respect to the year = 8.4 .
- Average value of Blaney – criddle "k" = 0.75 .
- Effective root depth "d" = 85 cm .
- Apparent specific gravity = 1.4
- Field capacity ( as an equivalent water depth ) = 20 cm
- Wilting point ( weight basis ) = 12 %



### Solution

نفرض مساحة من الأرض الزراعية مقدارها $1\ m^2$

volume of soil = $0.85 * 1m^2 = 0.85\,m^3$ حجم التربة الموجود بها الجذر

weight of soil = $0.85 * 1.4 = 1.19$ ton

volume of water = $0.2 * 1\ m = 0.2\ m^3$ حجم الماء الموجود بتلك التربة

weight of water = $0.2 * 1 = 0.2$ ton وزن الماء

$$\therefore \text{field capacity (weight basis)} = \frac{Ww}{Ws} * 100 = \frac{0.2}{1.19} * 100 = 16.81\%$$

$$U = 4.57\,k\,p\,(t+17.8)\ /100 = 4.57 * 0.75 * 8.4\ (25+17.8)\ /100$$
$$= 12.32 \text{ cm / month} = 0.41 \text{ cm / day}$$

$$\text{assume ML} = 80\%\ ; D = \frac{\gamma_s \,.\, d}{\gamma_w} ML\,(F - W)$$

$$D = 1.4 * 85 * 0.8\ (\ 0.1681 - 0.12\ ) = 4.58 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{ Frequency of irrigation} = F = \frac{D}{U} = \frac{4.58}{0.41} = 11.17 \approx 11 \text{ days}$$

# Irrigation & Drainage Engineering

El Fares

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No.5 ري

# Irrigation Efficiency

تعتمد كفاءة عملية الري على عدة عوامل مثل :

1- نوع التربة ونسبة الأملاح بها ونوع النبات نفسه.

2- منسوب المياه الجوفية.

3- درجة تجهيز الأرض.

4- طريقة الري .

5- فواقد نقل المياه خلال شبكة الري .

**(1) Water Conveyance Efficiency ($E_c$):** كفاءة نقل وتوصيل المياه



$$E_c = \frac{W_f}{W_r} * 100$$

$W_f$ = Water delivered to the farm. كمية المياه التي تصل الحقل

$W_r$ = Water delivered from the source.

كمية المياه الخارجة من المصدر "نهر أو خزان"

**(2) Water Application Efficiency ($E_a$):** كفاءة الـري

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} * 100$$

$W_s$ = Water stored in the root zone of the plants.

كمية المياه المختزنة في منطقة جذور النبات

$W_f$ = Water delivered to the farm. كمية المياه التي تصل الحقل

**(3) Water Use Efficiency ($E_u$):** كفاءة استخدام مياه الـري

$$E_u = \frac{W_u}{W_f} * 100$$

$W_u$ = Water beneficially used on the farm.

كمية المياه المستعملة فعلاً في الحقل

$W_f$ = Water delivered to the farm. كمية المياه التي تصل الحقل

**(4) Water Storage Efficiency ($E_s$):** كفاءة تخزين المياه في منطقة الجذور

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} * 100$$



$W_s$ = Water stored in the root zone of the plants.

كمية المياه المختزنة في منطقة جذور النبات أثناء عملية الري

$W_n$ = Water needed in the root zone.

كمية المياه الواجب توفيرها في منطقة الجذور

**(5) Water Distribution Efficiency ($E_d$):** كفاءة توزيع المياه على الحقل

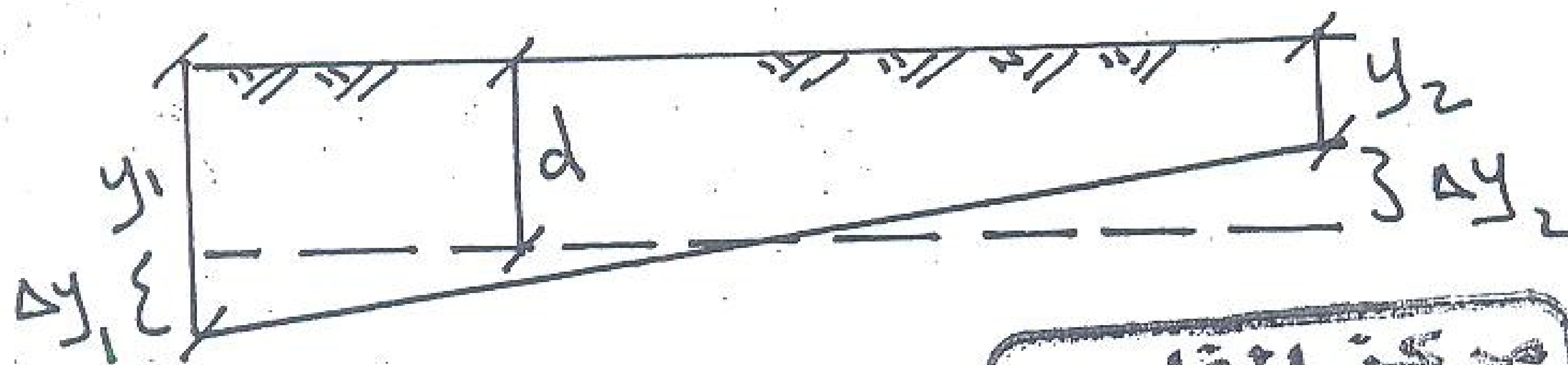
$$E_d = (1 - \frac{y}{d}) * 100$$

**d** = Average depth of water stored along the run during the irrigation.

متوسط سمك طبقة المياه المختزنة في منطقة الجذور خلال فترة الري

**y** = Average numerical deviation in depth of water stored from average depth stored.

متوسط تغير سمك طبقة المياه المختزنة في منطقة الجذور في أول الحقل وآخره



**Example**

A stream of 135 lit/sec was diverted from a canal and 100 lit/sec were delivered to the field. An area of 1.6 hectares was irrigated in eight hours. The effective depth of root zone was 1.8 m. The runoff loss in the field was 432 $m^3$. The depth of water penetration varied linearly from 1.8 m at the head end of the field to 1.2 m at the tail end. Available moisture holding capacity of the soil is 20 cm per meter depth of soil. If irrigation starts when moisture extraction level reaches 40 percent of the available moisture, determine:

a- The water conveyance efficiency.

b- Water application efficiency.

c- Water storage efficiency.

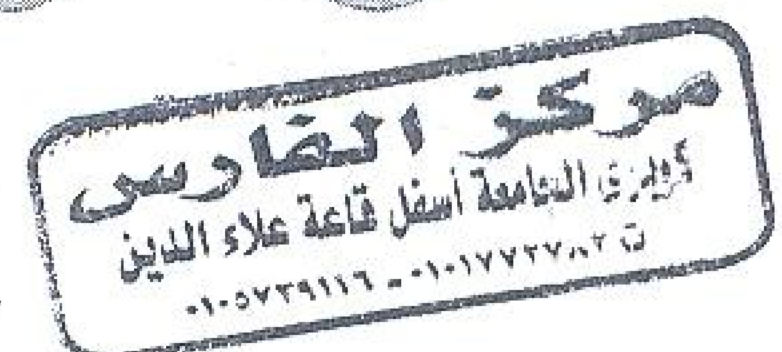
d- Water distribution efficiency.

**Solution**

**(a) Water conveyance efficiency:**

$$E_c = \frac{W_f}{W_r} * 100 = \frac{100}{135} * 100 = 74\%$$

**(b) Water application efficiency:**




$$E_a = \frac{W_s}{W_f} * 100$$

$W_f$ = Water delivered to the farm $= \frac{100*8*60*60}{1000} = 2880 m^3$

$W_s$ = Water stored in the root zone = 2880 – 432 الفواقد

$= 2448\ m^3$

$$\therefore\ E_a = \frac{2448}{2880} * 100 = 85\%$$

## © Water storage efficiency:

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} * 100$$




1 م ← 20 سم

1.8 م ← y سم

$\therefore$ Moisture holding capacity of the root zone $y = \frac{1.8 * 20}{1} = 36cm$

عمق الماء في منطقة الجذور

تبدأ عملية الري عندما يقل المحتوي الرطوبي ويصل 40% من المحتوي الرطوبي المتاح. ولذلك فإن احتياج النبات يساوي 60 %

Moisture **needed** = 36* (1-0.4) = 21.6 cm = 0.22 m

= 0.22 * 1.6 * 10000 (الهكتار = 10000 م$^2$) = 3520 m$^3$

$$\therefore\ \text{Water storage efficiency} = \frac{2448}{3520} * 100 = 69.5\%$$

## (d) Water distribution efficiency:




$$E_d = \left(1 - \frac{y}{d}\right) * 100$$

$$d = \text{Average depth of water stored} = \frac{1.8+1.2}{2} = 1.5\ m$$

$y_1 = |1.8 - 1.5| = 0.3$ m , $y_2 = |1.2 - 1.5| = 0.3$ m

$$y = \text{Average deviation} = \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.3$$




$$\therefore\ E_d = \left(1 - \frac{0.3}{1.5}\right) * 100 = 80\%$$

An area of 100 acres of moderately coarse, sandy loam soil is to be planted with Alfalfa. The root depth is 4 ft. The max., and min. temperatures for the month of July is $73^0$ F and 95 $F^0$ respectively. The monthly percentage of day time hours for July is 9.67, and the bulk density of soil is 1.25.

i) Determine the seasonal consumptive use if the crop coefficient is 0.8,

ii) Find the storage capacity in 52 cms depth of the soil if field capacity is27%, permanent wilting point is 13%, dry unit weight of soil is 1.5 gm/cm and the irrigation water is to be when the soil moisture falls to 18%





**Solution**

**i)** Blaney-Criddle

**U = k.p.t / 100** . Inch/ month

$$t_{average} = \frac{95+73}{2} = 84 \ F^o$$

$$U = \frac{0.8*9.67*84}{100} = 6.5 \ \text{in/month}$$

**ii)**

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} * 100$$

$$D = \frac{\gamma_s . d}{\gamma_w} . ML \ (F - W)$$



$$\therefore D = 1.5 * 52 * 0.8 * (0.27 - 0.13)$$

**Wn= 8.74 cm**

$\therefore D = 1.5 * 52 * 0.8 * (0.27 - 0.18)$

**Ws= 5.62 cm**

$$Es = \frac{5.62}{8.74} * 100 = 64.3\ \%$$

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

El Fares

No. 6 ري

# Chapter (4)
# Crops and Irrigation rotations
## دورة المحاصيل ومناوبات الري

**Water requirements of crops** الاحتياجات المائية للمحاصيل

هي كمية المياه التي يحتاجها ذلك المحصول خلال فترة زمنية محددة من أجل عملية النمو الطبيعي له.

### 1- خواص المحاصيل الرئيسية: Characteristics of main crops

**(1)القمح: Wheat**

القمح محصول **شتوي** ويحتاج إلى **رية واحدة** قبل زراعته ثم يحتاج من **4 - 5** ريات أثناء فترة نموه بعمق من **6 - 7.5** سم للرية الواحدة.

**(2)القطن: Cotton**

القطن محصول **صيفي** يحتاج من **8 - 10** ريات عند زراعته في **الدلتا** وشمال مصر بينما يحتاج من **10 - 12** رية عند زراعته في الوجه **القبلي** بعمق من **7.5 - 10** سم والمدة بين كل ريتين من **14 - 18** يوم.

**(3)الأرز: Rice**

الأرز محصول **صيفي** يستهلك كميات كبيرة من المياه ويحتاج من **8 - 10** ريات بعمق من **10 - 15** سم وتكون المدة بين كل ريتين من **8 - 10** أيام.

**(4)الذرة: Maize**

الذرة محصول **صيفي** يحتاج من **3 - 4** ريات بعمق **7.5** سم لكل رية والمدة بين كل ريتين من **14 - 16** يوم.

**(5)قصب السكر: Sugar cane**

يعتبر محصول **صيفي** يحتاج من **20 - 30** رية بعمق من **5 - 6** سم لكل رية.

**2- الدورة الزراعية "دورة المحاصيل"**

**The full round "rotation of crops"**

الدورة الزراعية هي عملية تبادل زراعة المحاصيل المختلفة علي نفس الرقعة الزراعية وذلك للمحافظة على خصوبة التربة.

- **الدورة ثنائية "2-turn crop rotation" :** إذا زُرع نفس المحصول مرة واحدة كل سنتين.

- **الدورة ثلاثية "3- turn crop rotation" :** إذا زُرع نفس المحصول مرة واحدة كل ثلاث سنوات.

**3- دورات الري "مناوبات الري" Irrigation rotations**

عبارة عن نظام لتوزيع مياه الري أو تبادل الري بين المناطق المختلفة حيث أن النبات لايحتاج لماء الري بصورة دائمة.

أهداف مناوبات الري

1- عدم حاجة المحاصيل إلى الري المستمر.

2- حتى يمكن توصيل مياه الري إلي جميع الأراضي الزراعية حيث إن مياه نهر النيل لا تكفي لتدفق المياه في جميع الترع وقنوات التوزيع في وقت واحد.

3- التقليل من كميات المياه التي تفقد بالرشح والبخر من قنوات التوزيع وكذلك تخفيض منسوب المياه الجوفية في الأراضي المجاورة لتلك القنوات.

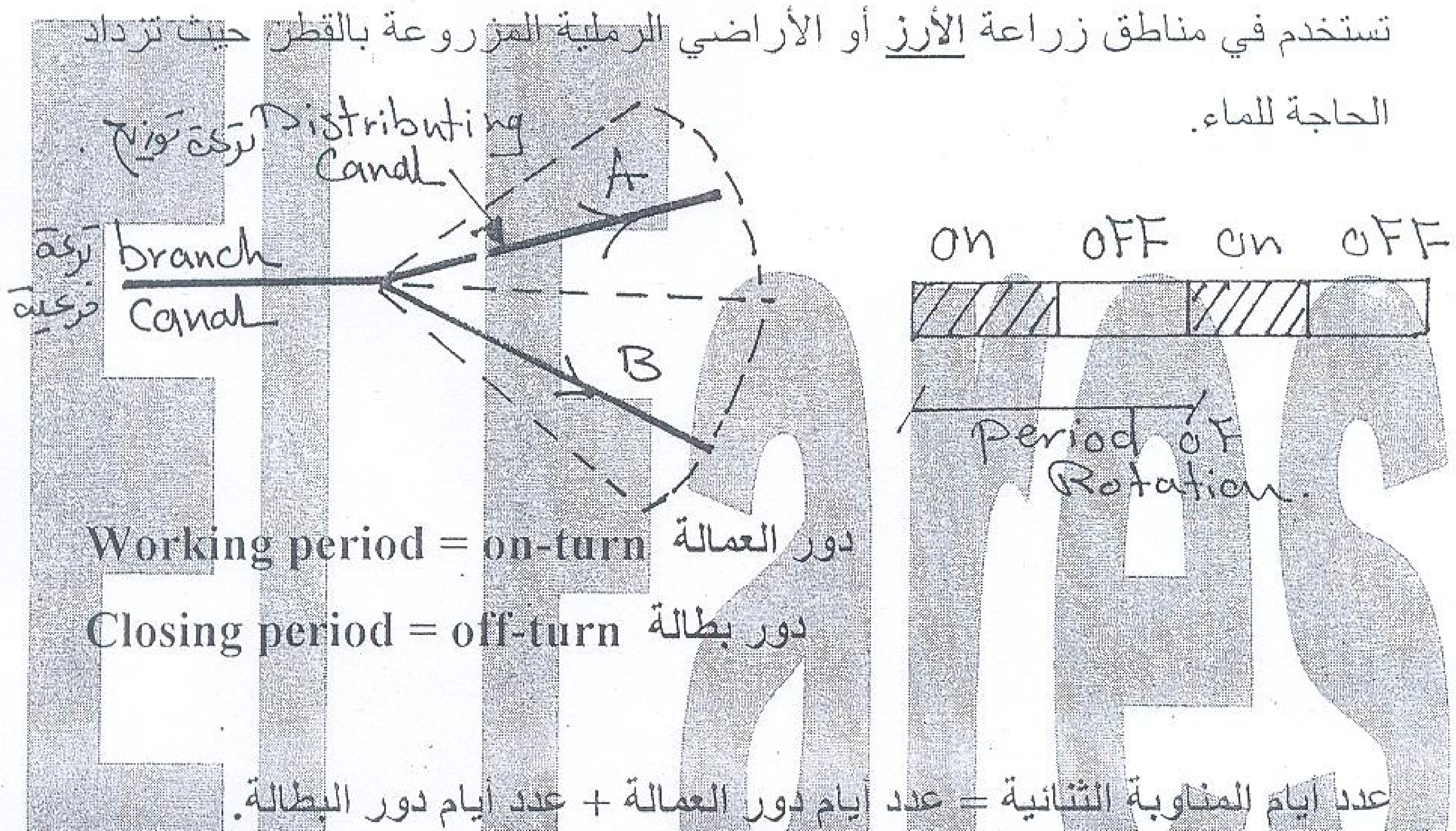
4- السماح للمياه بالوصول إلى نهايات الترع والقنوات.

5- أثناء دور البطالة يمكن تطهير الترع والقيام ببعض أعمال الصيانة بها.

## Types of irrigation rotations أنواع مناوبات الرى

### (1)المناوبة الثنائية: 2-turn rotation

تستخدم في مناطق زراعة الأرز أو الأراضي الرملية المزروعة بالقطن حيث تزداد الحاجة للماء.



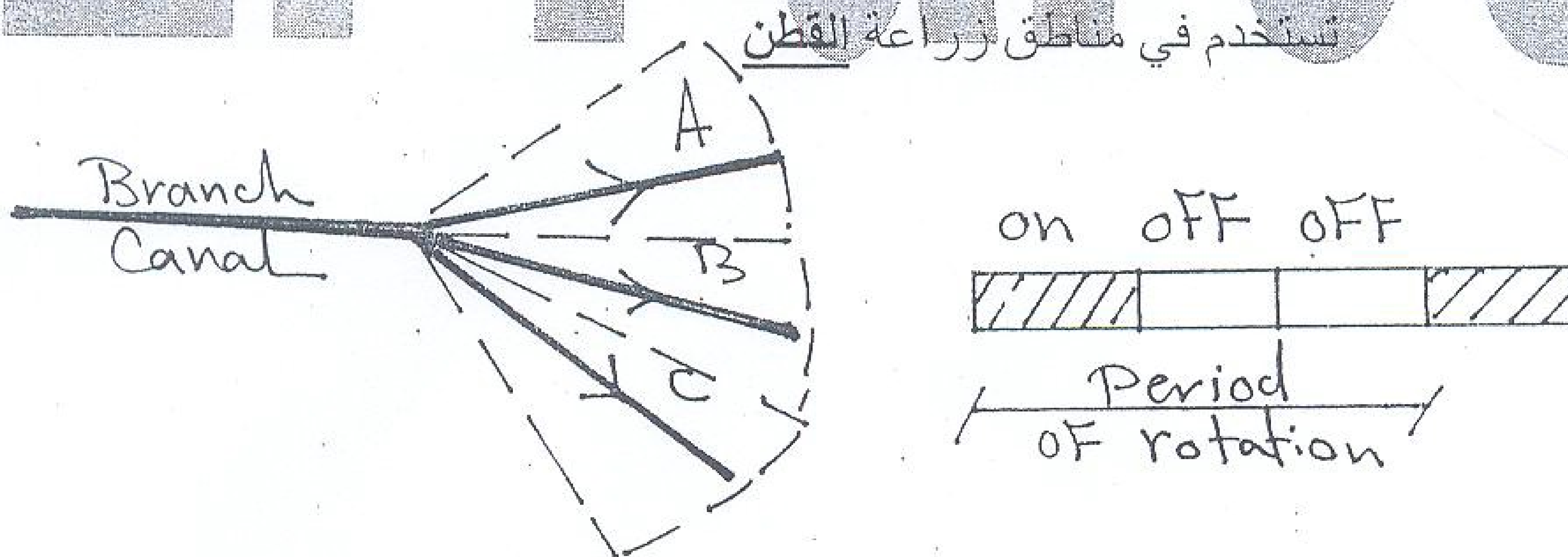

**Working period = on-turn** دور العمالة

**Closing period = off-turn** دور بطالة

عدد أيام المناوبة الثنائية = عدد أيام دور العمالة + عدد أيام دور البطالة.

### (2)المناوبة الثلاثية: 3-turn rotation

تستخدم في مناطق زراعة القطن




عدد أيام المناوبة الثلاثية = عدد أيام دور العمالة + 2(عدد أيام دور البطالة)

السدة الشتوية: winter closure

هي الفترة التي تُحبَس فيها المياه عن الترع باستثناء المجاري المائية التي تمد محطات مياه الشرب بالمياه ، وكذلك القنوات الملاحية "Navigation canals" وتكون من أواخر شهر ديسمبر كل عام ولمدة حوالي شهر ، وقد تم اختيار هذا التوقيت من كل عام حيث تنخفض درجة الحرارة وتتساقط الأمطار وبالتالي تقل الاحتياجات المائية للنبات.

أغراض السدة الشتوية: Purposes of winter closure

1- إجراء عمليات الصيانة والتطهير للترع والمصارف.

2- إنشاء بعض المنشآت المائية الجديدة "مثل الكباري والهدارات والقناطر...." وعمل صيانة للمنشآت القائمة.

3- تمكين الأراضي الزراعية من التخلص من بعض المياه الجوفية التي تشبعت بها طوال العام.

رية الشراقى "طفى الشراقى" Sharaki irrigation

هي عبارة عن رية للأراضي التي تركت خالية بعد حصاد المحصول الشتوي ثم جفت وتشققت حيث تحتاج تلك الأراضي إلى كمية كبيرة من المياه .ثم يزرع محصول الذرة.

وتكون في المتوسط في الدلتا 760 م$^3$/ للفدان/ يوم

طول فترة الرية = 28-36 يوم.

4- المقننات المائية للمحاصيل المختلفة:

Water duties for different crops

(أ) المقنن المائى النظرى: Theoretical water duty

هو الحد الأدنى لكميات المياه التي تُعْطى للفدان الواحد خلال يوم من أيام الري .

## (ب) المقنن المائى للحقل: Field water duty

هي كمية المياه التي تُعْطى فعلاً للفدان في اليوم الواحد من أيام العمالة ، ويعبر عنه بـ $(m^3/feddan/day)$

## (ج) المقنن المائى للترعة: Canal water duty

عبارة عن مقنن الحقل مضافاً إليه كمية المياه التي تُفْقد بالبخر والرشح أثناء تدفق المياه في الترعة متجهة إلى الحقل.

(حفظ)

| Crop المحصول | Field water duty $m^3$/feddan/watering رية واحدة | Period الفترة بين الريتين |
|---|---|---|
| Rice أرز | 420 | 8-10 day |
| Cotton قطن | 350 | 14-18 day |
| Maize ذرة | 350 | 14-16 day |
| Sharaki رية الشراقي | 760 | 28-36 day |



ملاحظة:

هذه المقننات المائية للدلتا والوجه البحرى ويتم ضرب هذه القيم × 1.1 للحصول علي القيم بالوجه القبلي والصعيد.

# Calculation of water duty

## حساب المقنن المائى

### 1) Field water duty

$$F.W.D = \frac{\%\ of\ area\ used \times water\ requirment\ of\ crop}{No.\ of\ working\ days \times No.\ of\ division}$$

$$F.W.D = \frac{\text{الإحتياج المائي للمحصول} \times \text{نسبة الأرض المزروعة}}{\text{عدد أقسام الأرض} \times \text{عدد أيام العمالة}}$$

### Canal water duty

**Water duty for distributing canal**

$$(W.D)_{D.c} = 1.1 * \text{field water duty}$$

**Discharge of distributing canal**

$$(Q)_{D.c} = \frac{(W.D)_{D.c} * \text{Area served}}{24*60*60} \quad m^3/sec$$

**Water duty for main canal**

$$(W.D)_{M.c} = \frac{1.1*(W.D)_{D.c}}{2} \quad \text{for 2-turn rotation}$$

$$= \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{2}$$

$$= \frac{1.1*(W.D)_{D.c}}{3} \quad \text{for 3-turn rotation}$$

$$= \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{3}$$

## Discharge of main canal

في حالة عدم تساوي المساحات التي تخدمها ترع التوزيع يتم تصميم قطاع الترعة الرئيسية لكي يحمل تصرف ترعة التوزيع التي تخدم المساحة الأكبر.

$$Q_{M.c.} = 1.1 * (Q)_{D.c}$$

**(Discharge of distributing canal of large turn)**

أو يمكن حساب تصرف الترعة الرئيسية كالآتى:

$$(Q)_{M.c} = \frac{(W.D)_{M.c} * \text{Design area served}}{24*60*60} \quad m^3/sec$$

**Design area served**

**= Number of turns (2or3) * area served in the large turn**

---

في حالة اعطاء **(land wash factor or leaching factor)** مثلاً 20% يتم ضرب **1.2 * F.W.D**

"هام"

## (1)المناوبة الثنائية: 2-turn rotation

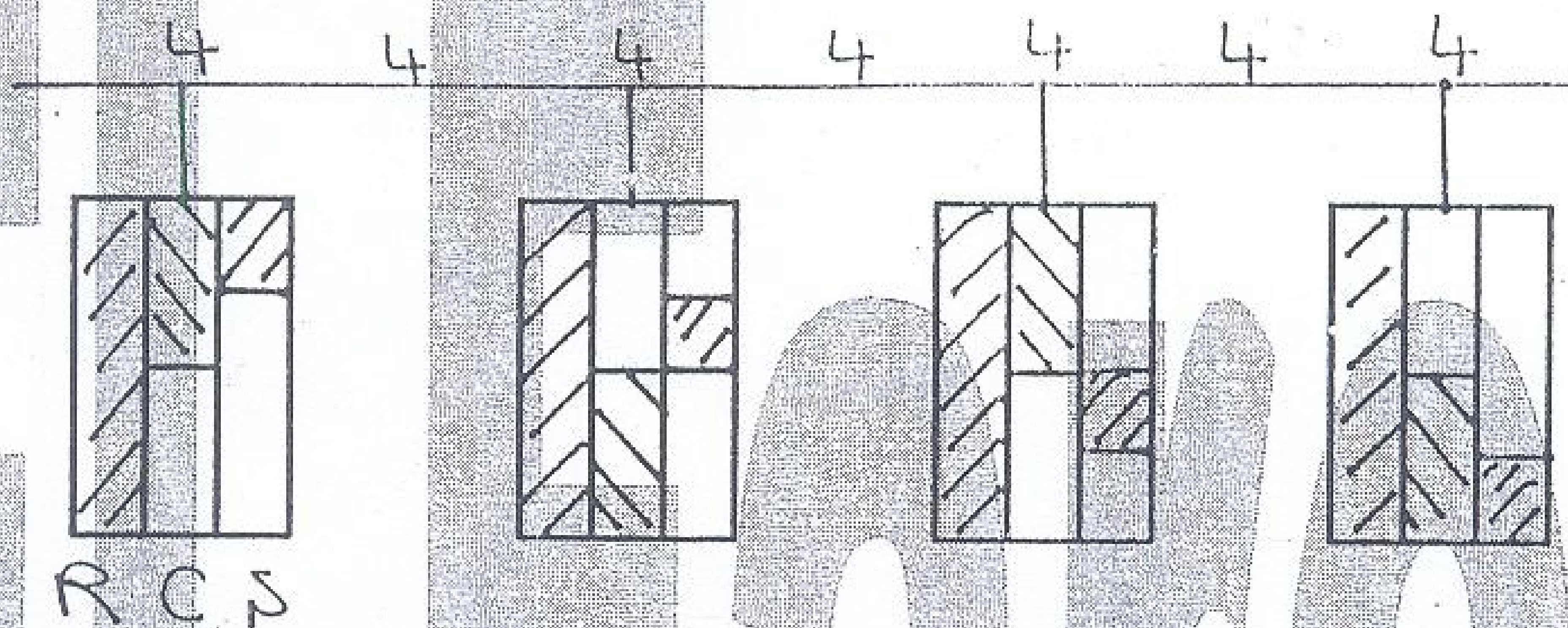
تستخدم في مناطق زراعة الأرز

| Rice | Cotton | Sharaki |
|---|---|---|
| 8 | 14-18 | 28-36 |

Type of rotation = 2-turn

No. of Working days= 8/2= 4 day

No. of Closing days= 4 day




## (2)المناوبة الثلاثية: 3-turn rotation

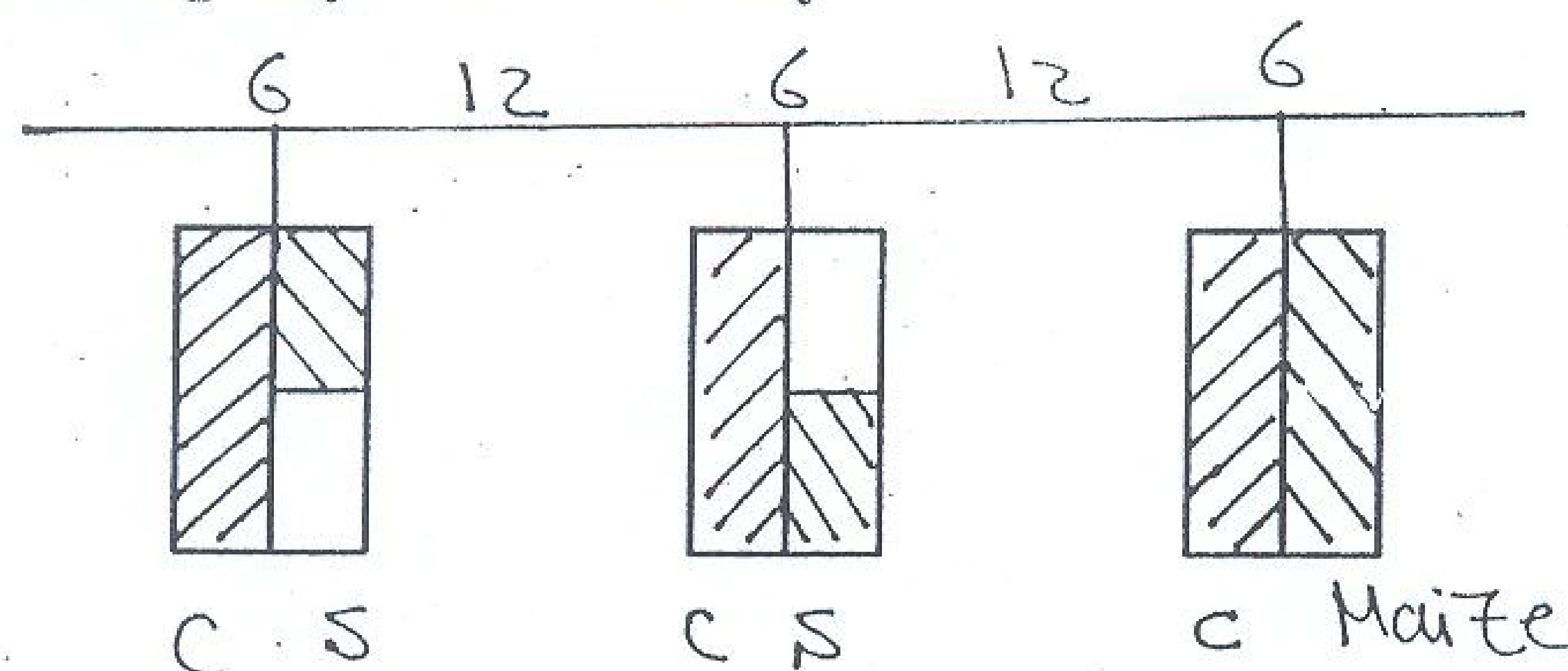
تستخدم في مناطق زراعة القطن

| Cotton | Sharaki |
|---|---|
| 14-18 | 28-36 |

Type of rotation = 3-turn

No. of Working days= 18/3= 6 day

No. of Closing days= 2*6=12 day



## Examples

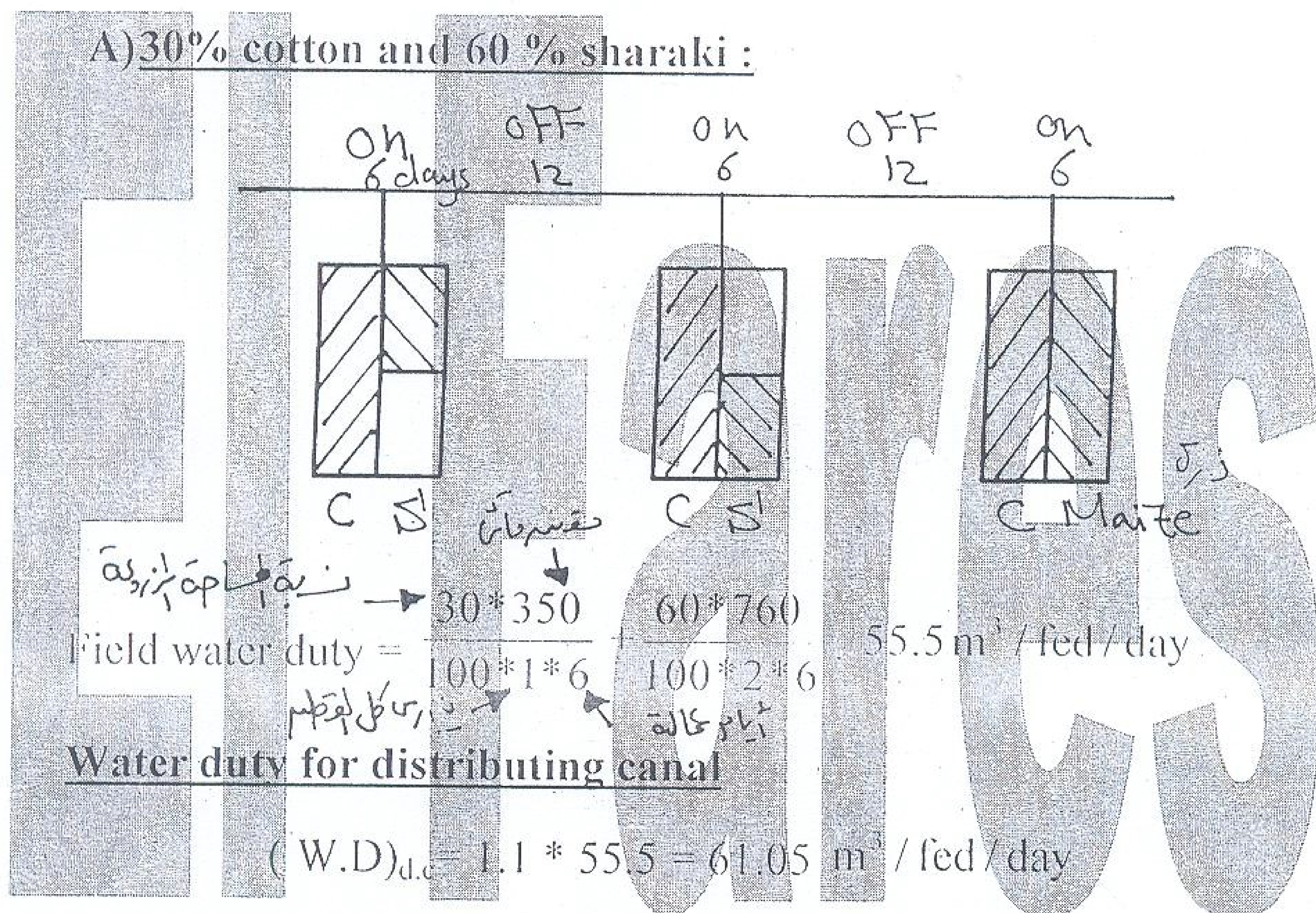
1- Calculate the irrigation field duty, distributing canal and main canal water duties if the crop cycle is:

A) 30 % cotton and 60 % sharaki.

B) 20 % cotton, 40 % rice and 30 % sharaki.

## Solution

**A) 30% cotton and 60 % sharaki :**




$$\text{Field water duty} = \frac{30*350}{100*1*6} + \frac{60*760}{100*2*6} = 55.5 \ m^3/fed/day$$

**Water duty for distributing canal**

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * 55.5 = 61.05 \ m^3/fed/day$$

**For 3- turn rotation:**

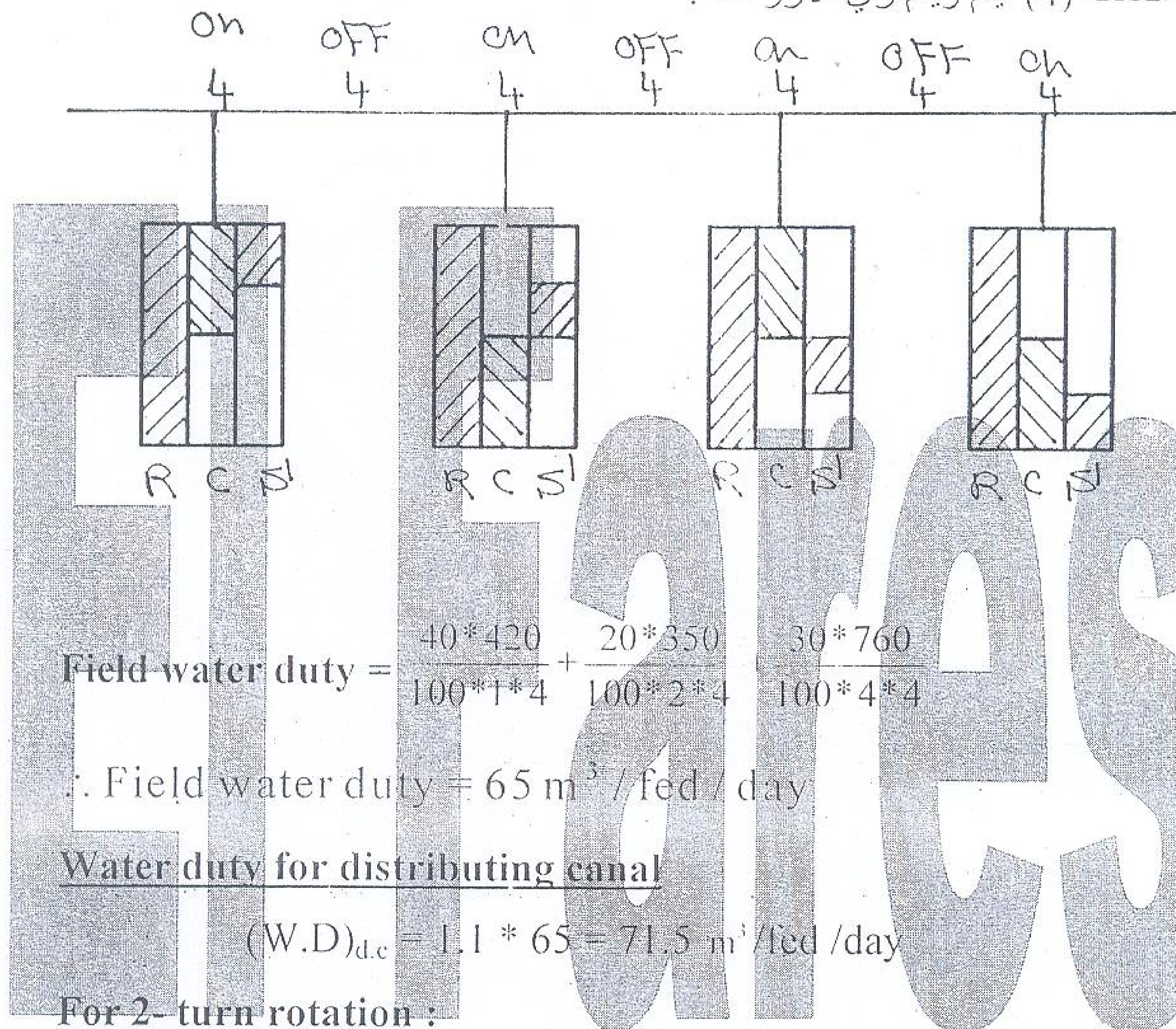
**Water duty for main canal**

$$(W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{3}$$

$$= \frac{1.21*55.5}{3} = 22.385 \quad m^3/fed/day$$

**B) 20 % cotton , 40 % rice and 30 % sharaki:**

في حالة الأراضي المزروعة أرز نستخدم (2- turn rotation) ، وتكون عدد أيام العمالة (4) أيام ويتم ري الأرز كله .




$$\text{Field water duty} = \frac{40*420}{100*1*4} + \frac{20*350}{100*2*4} + \frac{30*760}{100*4*4}$$

$$\therefore \text{Field water duty} = 65 \text{ m}^3/\text{fed}/\text{day}$$

**Water duty for distributing canal**

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * 65 = 71.5 \text{ m}^3/\text{fed}/\text{day}$$

**For 2- turn rotation :**

**Water duty for main canal**

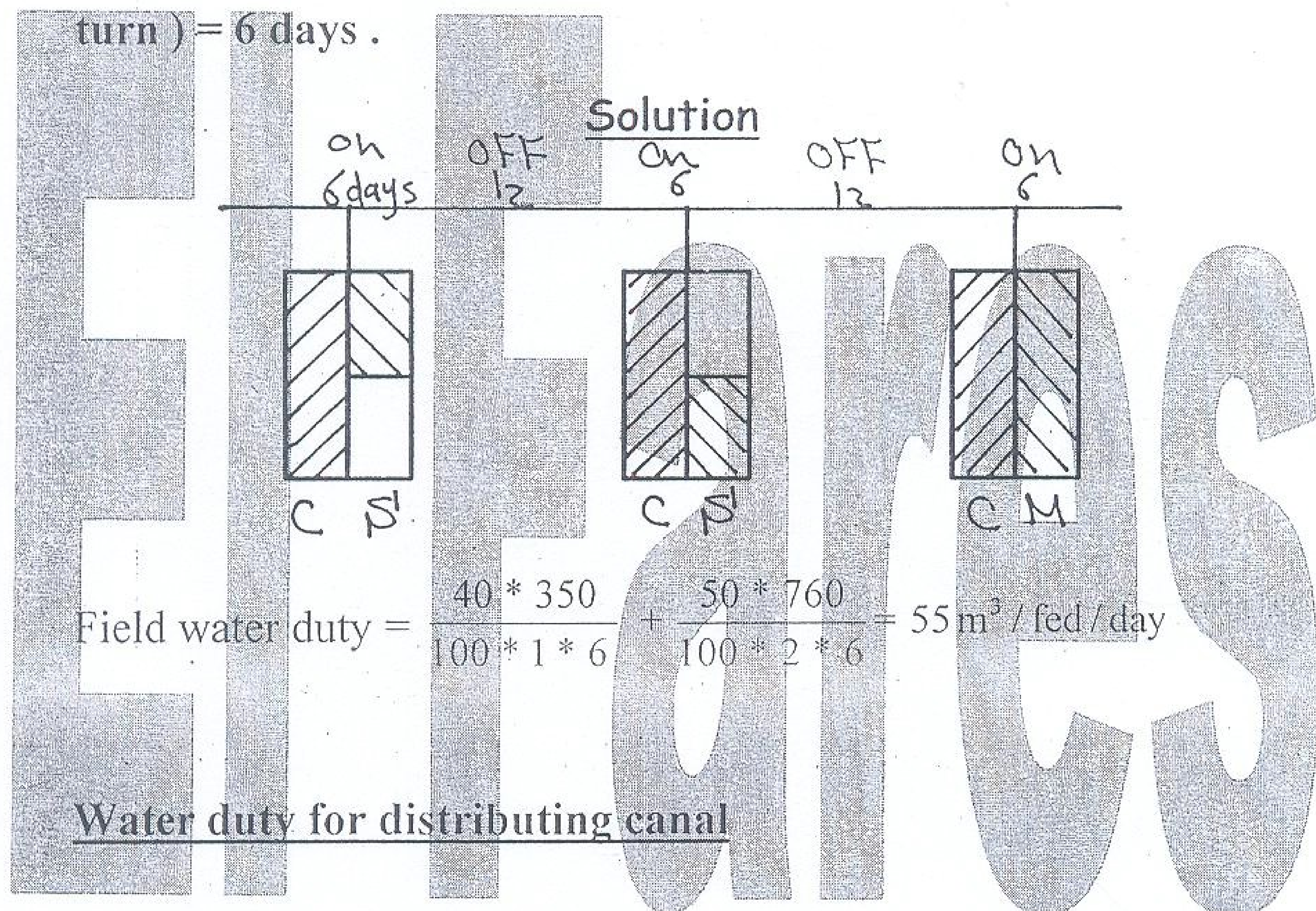
$$(W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21 * \text{field water duty}}{2}$$

$$\therefore (W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21*65}{2} = 39.325 \text{ m}^3/\text{fed}/\text{day}$$

2- A main canal distributes its water for a three distributing canals of equal area served (2000) feddan each. The crop pattern of the whole area is as follows : 40 % cotton , 50 % sharaki and 10% public benefits منافع عامة it is required to calculate the water duty and the discharge of each of distributing and the main canal if the working period ( on-turn ) = 6 days .



## Solution




$$\text{Field water duty} = \frac{40 * 350}{100 * 1 * 6} + \frac{50 * 760}{100 * 2 * 6} = 55\ m^3/fed/day$$

**<u>Water duty for distributing canal</u>**

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * \text{field water duty}$$

$$= 1.1 * 55 = 60.5\ m^3/fed/day$$

**<u>Discharge of distributing canal</u>**

$$(Q)_{d.c} = \frac{(W.D.)_{d.c} * \text{area served}}{24 * 60 * 60} = \frac{60.5 * 2000}{24 * 60 * 60} = 1.4\ m^3/sec$$

**For 3-turn rotation:**

**Water duty for main canal**

$$(W.D)_{m.c} = \frac{1.21 * \text{field water duty}}{3}$$

$$= \frac{1.21*55}{3} = 22.18 \ m^3/fed/day$$

**Discharge of main canal**

$$(Q)_{m.c} = \frac{22.18*6000}{24*60*60} = 1.54 \quad m^3/sec$$

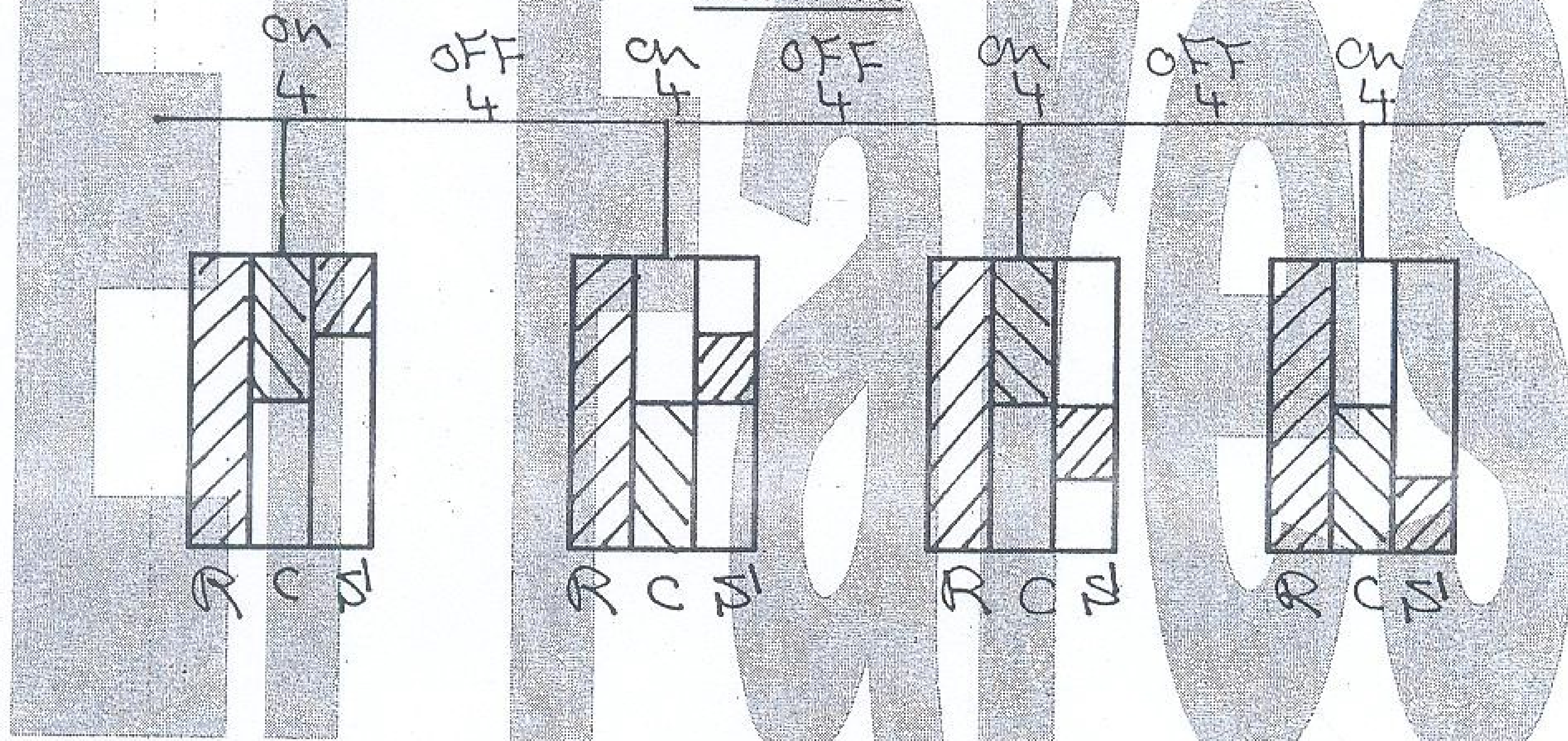
**or :**

$$(Q)_{m.c} = 1.1 \ (Q)_{d.c} = 1.21 * 1.4 = 1.54 \ m^3/sec$$

3- A rice zone of area served (10000) feddans is irrigated from a main canal in 2-turns "A" and "B". If the area served of the turn "A" is "40%" of the total area served and the crop pattern for the whole area in the period of summer rotations is as follows: 20 % cotton, 40% rice and 30% sharaki prepared for cultivating maize.

It is required to calculate the water duty and the discharge of each of the two distributing canals, and also for the main canal if the working period = 4 days.

**Solution**






$$\text{Field water duty} = \frac{40*420}{100*1*4} + \frac{20*350}{100*2*4} + \frac{30+760}{100*4*4}$$

$$\therefore \text{Field water duty} = 65\ m^3/fed/day$$

**Water duty for distributing canal**

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * 65 = 71.5\ m^3/fed/day$$

**Discharge of distributing canal**

$$(Q)_{d.c} = \frac{(W.D)_{d.c.} * (\text{Area served})_{d.c.}}{24*60*60}$$

Area served of distributing canal (A) $= \frac{40}{100} * 10000 = 4000$ F

Area served of distributing canal (B) = 10000 – 4000 = 6000 F

∴ Discharge of distributing canal (A)

$$(Q)_A = \frac{71.5*4000}{24*60*60} = 3.31\, m^3/sec$$

∴ Discharge of distributing canal (B)

$$(Q)_B = \frac{71.5*6000}{24*60*60} = 4.97\, m^3/sec$$

**For 2-turn rotation:**

**Water duty for main canal**

$$\therefore (W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21 * \text{field water duty}}{2} = \frac{1.21*65}{2} = 39.325\ m^3/F/day$$

**Discharge of main canal**

$$(Q)_{m.c.} = \frac{(W.D)_{m.c.} * \text{designed area served}}{24*60*60}$$

Designed area served = Number of turns (2 or 3) * area served

Large turn

= 2 * 6000 = 12000 feddans

$$\therefore (Q)_{m.c.} = \frac{39.325*12000}{24*60*60} = 5.46\, m^3/sec$$

or $(Q)_{m.c.} = 1.1*(Q)_B = 1.1*4.97 = 5.46\, m^3/sec$

12

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 7 ري

# Chapter (5)
# Canalization of an Irrigation project
# تخطيط وتصميم شبكة الري والصرف

## Factors affecting the planning of an irrigation project

## العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند تخطيط مشروع الرى والصرف

1- تجمع البيانات اللازمة عن المنطقة من حيث: "طبوغرافية الأرض– تركيب التربة – المياه الجوفية – درجات الحرارة والرطوبة".

2- تحديد مصادر المياه الدائمة بالمنطقة "Permanent water supply" مثل الأنهار .

3- حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل التي سوف تُزرَع في المنطقة.

4- مقدار حاجة الأرض إلى الصرف وتحديد أماكن المصارف الحالية و المستقبلية.

5- تحديد المواقع التي تحتاج إلى منشآت الري "مثل الكباري والبدالات والسحارات "

6- تقدير تكلفة إنشاء خزانات للمياه وتوليد الطاقة.

7- عمل تقييم دقيق لمشروع الري.

## Classification of Canals أنواع الترع

### 1- According to soil type حسب نوع التربة

#### a-Alluvial canal

هي الترع التي يتم حفرها داخل تربة مفككة ويمكن أن يحدث لها نحر.

#### b- Non alluvial canal

هي الترع التي يتم حفرها داخل تربة قوية لا يحدث لها نحر.

---

### 2-According to source of supply حسب مصدر التغذية

#### a-Permanent canal قنوات دائمة

هي القنوات التي تحمل المياه بصورة دائمة خلف السدود أو القناطر الكبري .

#### b- Inundation canal قنوات فيضية

هي القنوات التي تحصل علي مياهها خلال فترة الفيضان.

---

### 3-According to function حسب الوظيفة

#### a-Feeder canal قنوات التغذية

هي القنوات التي تحمل الماء من مصادره وتغذي به القنوات الأخري

#### b- Conveyance canal قنوات النقل

هي القنوات التي تحمل الماء من قنوات التغذية وتنقله لقنوات التوزيع (ويمكن الري المباشر منها).

---

**c- Distribution canal قنوات التوزيع**

وهي القنوات التي تستخدم في ري الأراضي المختلفة.

**d- Hydroelectric canal**

وهي القنوات التي تستخدم في نقل المياه لمحطات توليد الكهرباء ويمكن الري منها

**e- Navigation canal قنوات ملاحية**

وهي القنوات التي تستخدم في حركة الوحدات الملاحية ويمكن الري منها.

**f- Multi-purpose canal**

وهي القنوات التي تستخدم في أكثر من غرض.

---

## 4- According to area served حسب المساحة المخدومة

**1- الرياحات: Diversion canals**

وهي أكبر أنواع الترع وتكون أطوالها (50 km) أو أكثر والمساحة الزراعية التي يخدمها الرياح قد تزيد عن 200 ألف فدان.

**2- الترع الرئيسية: Main canals**

تتراوح أطوال الترعة الرئيسي من (15 km) إلى (50 km) وتخدم مساحة من 20 ألف فدان حتى 200 ألف فدان.

**3- الترع الفرعية: Branch canals**

وهي تأخذ مياهها من الترع الرئيسية وتتراوح أطوالها من 10 km إلى 15 km وتخدم مساحة من 10 آلاف فدان حتى 20 ألف فدان.

**4- ترع التوزيع: Distributing canals**

وهي أصغر أنواع الترع التي تقوم الحكومة بشقها وصيانتها وتكون أطوالها من 2 km إلى 10 km وتخدم مساحة من 1000 فدان حتى 10 آلاف فدان.

**5- المساقى الخصوصية: Field canals**

وهي أصغر قنوات الري ، وتعتبر من الأملاك الخاصة حيث يقوم أصحاب الأراضي بشقها وصيانتها على حسابهم.

---

## Classification of Drains أنواع المصارف

**1- مصرف عمومي : District drain**

وهو أكبر أنواع المصارف حيث يخدم نفس المساحة التي يخدمها الرياح ، ويصب مصرف المنطقة مياهه في البحر أو المنخفضات الطبيعية.

**2- المصرف الرئيسى: Main drain**

وهو يخدم نفس المساحة التي تخدمها الترعة الرئيسية ويصب فى مصرف المنطقة.

**3- المصرف الفرعي: Branch drain**

وهو يخدم نفس المساحة التي تخدمها الترعة الفرعية ويصب في المصرف الرئيسي.

**4- الحقليات: "Small branch drains "ditches**

وهي تقوم بتجميع المياه الزائدة من الأرض الزراعية ثم تلقي بها في المصارف الفرعية.

## حساب المساحات التي تخدمها الترع والمصارف

## Calculation of area served

عند تصميم أي قطاع مائي لترعة أو مصرف يستلزم الأمر تحديد أقصى تصرف "Q" مطلوب تمريره من خلال ذلك القطاع .

في حالة الترع تتناقص المساحة المخدومة (Area served) تدريجياً من قطاع لآخر في اتجاه جريان المياه.

---

### 1- Area served of canals where direct irrigation is permitted

حساب المساحة المخدومة من الترع المسموح بالرى المباشر منها

**Area served of section = area served (D.S) section + F * area served (U.S) section**

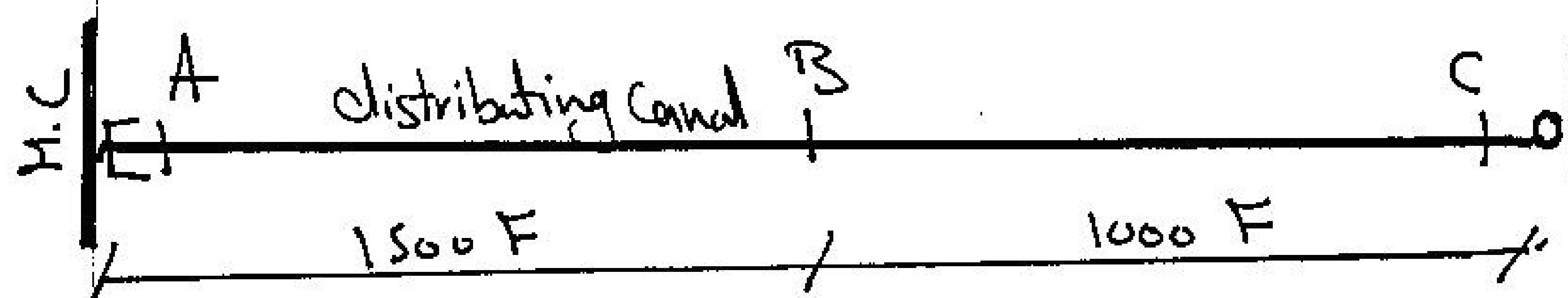
المساحة المخدومة من القطاع = المساحة المخدومة خلف القطاع + (F) * المساحة المخدومة أمام القطاع

**F = escaping factor = 25% → 40 %**

حيث (F) تسمى معامل الفائض وتُضاف هذه النسبة عند تصميم القطاع لاستيعاب المياه الفائضة التي لم تستخدم بالكامل عند ري الأراضي الواقعة أمام القطاع.

---

**For the given distributing canal, calculate area served of sec. (A), (B) and (C)**



Area served of sec.(A) = area served(D.S)sec.(A) + 40% area served(U.S)sec.(A)

**= 2500 + 0.4 * (0) = 2500 fed.**

Area served of sec.(B) = area served(D.S)sec.(B) + 40% area served(U.S)sec.(B)

**= 1000 + 0.4 * 1500 = 1600 fed.**

Area served of sec.(C) = area served(D.S)sec.(C) + 40% area served(U.S)sec.(C)

**= (0) + 0.4 * 2500 = 1000 fed.**

## 2- Area served of canals which distribute their water in (branches + direct irrigation)

**حساب المساحة المخدومة من الترع التى توزع مياهها في فروع بالإضافة للرى المباشر منها**

**Area served of section = area served (D.S) sec. "direct +branches" + (F) * area served (U.S) sec. "direct irrigation only"**

**المساحة المخدومة من القطاع = المساحة المخدومة خلف القطاع "ري مباشر + فروع" + (F) * المساحة المخدومة أمام القطاع "ري مباشر فقط"**

ترعة فرعية يخرج منها أربع ترع أخرى كالآتي:

(Branch canal A) تخدم المساحة "A"

(Branch canal B) تخدم المساحة "B"

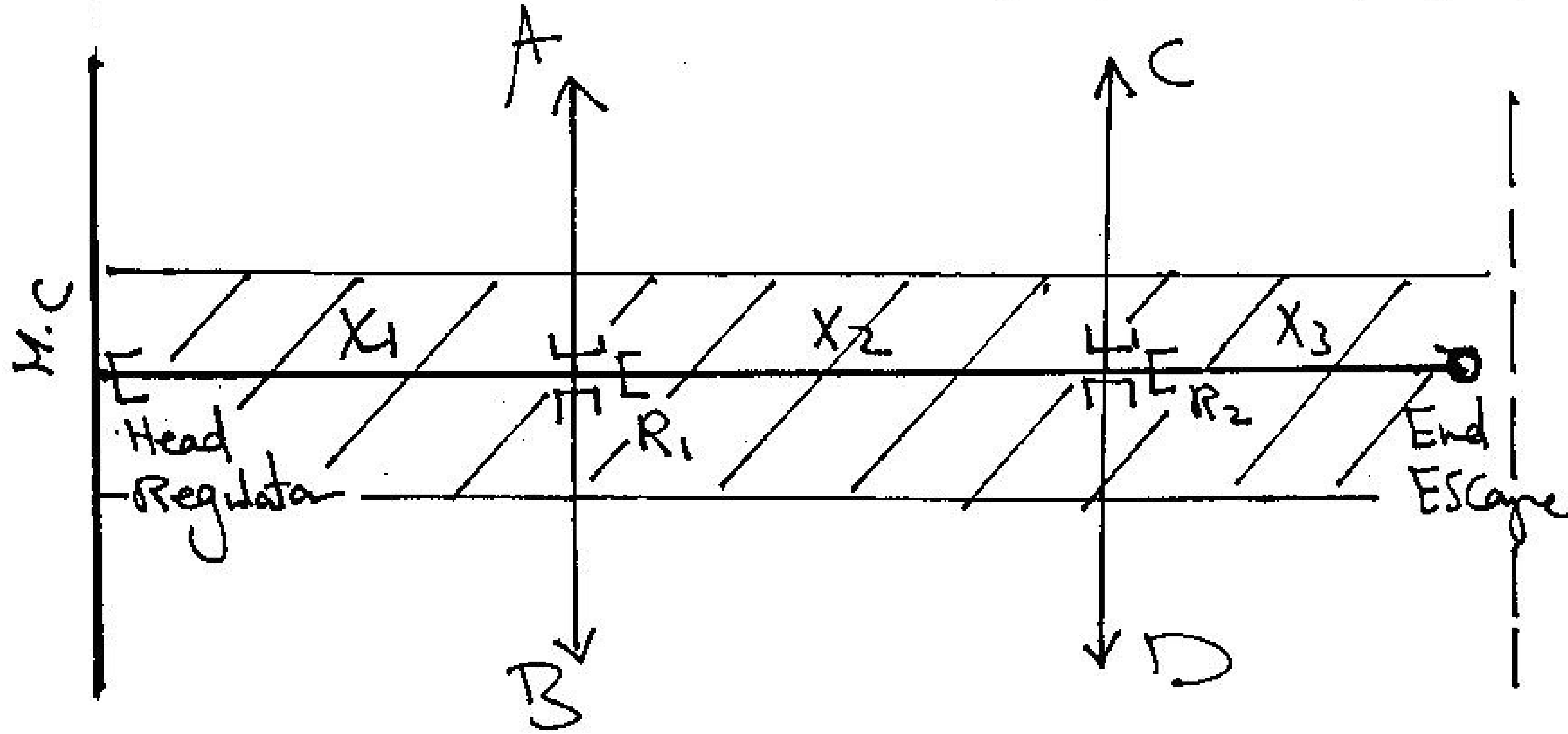
(Branch canal C) تخدم المساحة "C"

(Branch canal D) تخدم المساحة "D"

كما أن المساحات (X1 , X2 , X3) تروى رياً مباشراً من الترعة الفرعية

Assume F = 40%

والمطلوب حساب المساحة المخدومة خلف "Head regulator" وأمام وخلف $R_1$ وأمام مصب النهاية "End escape" .




As (D.S) head regulator = [A+B+C+D] + [X1+X2+X3]

As (U.S) $R_1$ = [A+B+C+D] + [X2+X3] + 0.4(X1)

As (D.S) $R_1$ = [C+D] + [X2+X3] +0.4(X1)

As (U.S) End escape = 0.4(X1+X2+X3)

## 3- Area served of diverting canals which distribute water in turns:

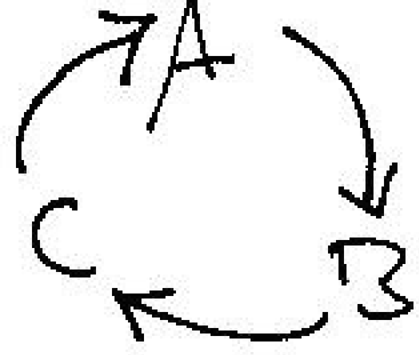
### حساب المساحة المخدومة من الترع الناقلة التى توزع مياهها على مناوبات

في حالة الترعة الناقلة والتي تقوم بتوزيع المياه على ترع التوزيع في أدوار فإنه لا يُسمَح بالري المباشر منها إلا في الجزء الأخير .

يؤخذ في الحسابات معامل يسمى معامل التعويض "Compansation factor" حيث يُعْطى تعويض للدور السابق وذلك لتعويض المزارعين الذين لم يتمكنوا من ري أراضيهم في دور المناوبة الخاص بهم.

---

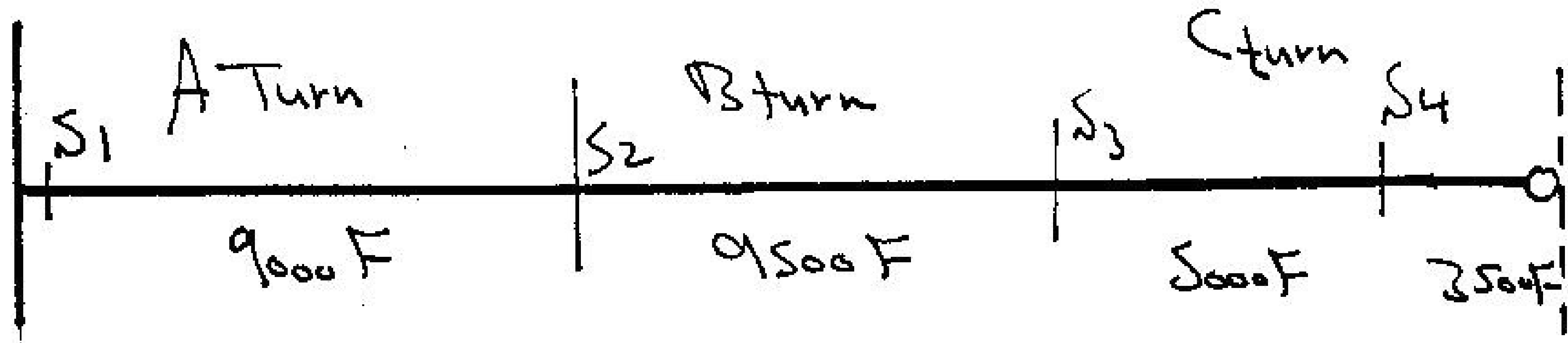
**ترعة ناقلة توزع مياهها على ثلاث مناوبات :**




(A) تخدم 9000 فدان

(B) تخدم 9500 فدان

(C) تخدم 8500 فدان منهم 3500 فدان مسموح لهم بالري المباشر من الترعة الناقلة.




compensation factor = 50% from previous turn of rotation

| Sep. | Area served | | | Area served + compensation | | | Design area served الأكبر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A_{turn}$ | $B_{turn}$ | $C_{turn}$ | A+ 0.5C | B + 0.5A | C + 0.5B | |
| $S_1$ | 9000 | 9500 | 8500 | 13250 | 14000 | 13250 | 14000 |
| $S_2$ | ____ | 9500 | 8500 | 4250 | 9500 | 13250 | 13250 |
| $S_3$ | ____ | ____ | 8500 | 4250 | ____ | 8500 | 8500 |
| $S_4$ | ____ | ____ | 3500 | 1750 | ____ | 3500 | 3500 |

"13"

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 8 ري

Zagazig University
Faculty of Engineering
Water and water Structures Eng. Dept.
2nd Year Civil Engineering

# Irrigation application exercise (mini project) 2009

***Description of the project area:*** 1:100,000

1) The given contour map of scale 1: 50,000 shows the area of the project located at latitude 30° N. The area of the project is irrigated in a three turn rotation from the source canal with network system of main and branch canals. Lift irrigation is used in the limit of 50 cm.
2) The soil characteristic is of fine texture. It is mainly clay.
3) The project area is provided with a network of open drains.
4) The crop pattern of the area is 50% Cotton, 45% Sharaki prepared for cultivating Maize, and 5% public benefits.
5) Metrological data:
   - The average percent of humidity is 60%.
   - The mean monthly temperatures (in centigrade) around the year are in the following table.

| Month | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp. | 16 | 17 | 20 | 23 | 27 | 30 | 30 | 32 | 30 | 26 | 19 | 18 |

6) The field water duty is obtained from the first principles in $m^3$/feddan/day using two different methods. The escaping factor is 40% and the rate of compensation is 40% of preceding turn. The drainage factor is 40%.

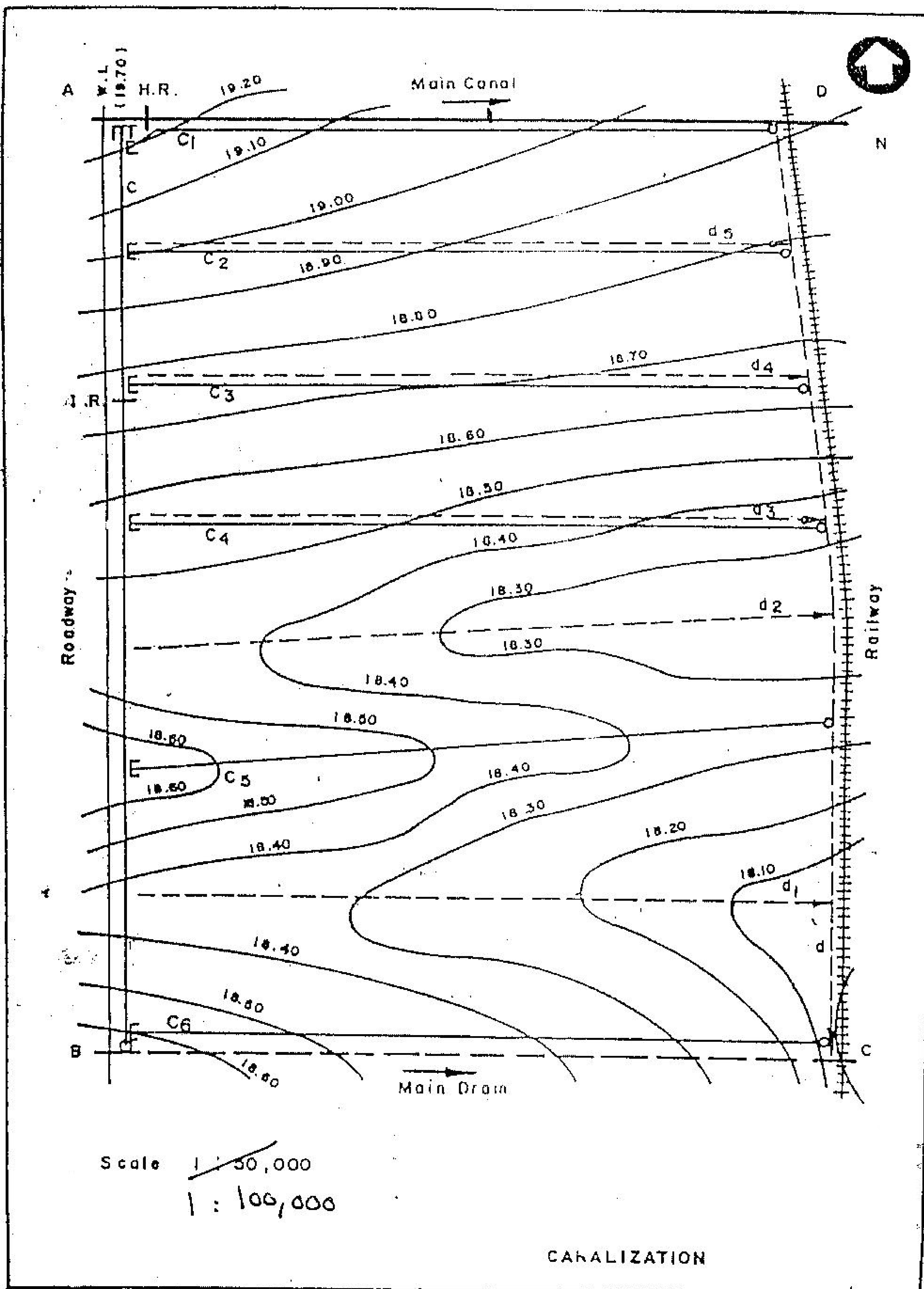
Requirements:

1. System layout of canals and drains.
2. Synoptic diagram of both canals and drains.
3. Field, branch, and main canals and drains water duties.
4. Discharge of branch, and main canals and drains.
5. Design of branch, and main canals and drains cross sections.
6. Typical cross sections of branch, and main canals and drains at different changes when necessary.
7. Longitudinal profiles of main canal and main drain.
8. Complete drawings of an irrigation structure in your projects.

Note:

- Detailed design and neat drawings are required.
- Max. number of students per one group is 5 .

With Best Wishes.



A
W.L (18.70)
H.R.
Main Canal
D
N
C1
C
C2
C3
C4
C5
C6
d5
d4
d3
d2
d1
d
19.20
19.10
19.00
18.90
18.80
18.70
18.60
18.50
18.40
18.30
18.20
18.10
Roadway
Railway
B
C
Main Drain
Scale 1 : 50,000
1 : 100,000
CANALIZATION

# Location of canals & Drains تحديد مواقع الترع والمصارف

## (Layout)

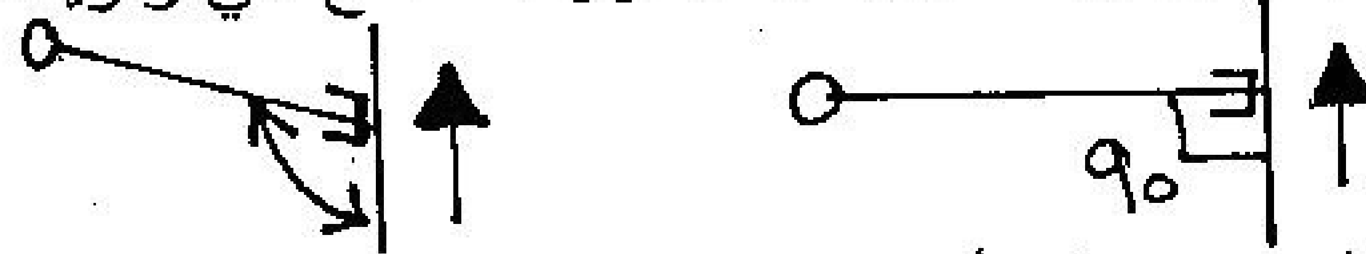


للتعبير عن المصرف للتعبير عن الترعة

- تمر قنوات الري في الأماكن المرتفعة بينما تمر المصارف في الأماكن المنخفضة.

- يفضل أن تكون بداية الترعة في الناحية المرتفعة ونهايتها في الناحية المنخفضة وذلك لتقليل كميات الحفر.

- عند تفرع ترعة فرعية من ترعة رئيسية يكون التقاطع في زاوية قائمة أو منفرجة.

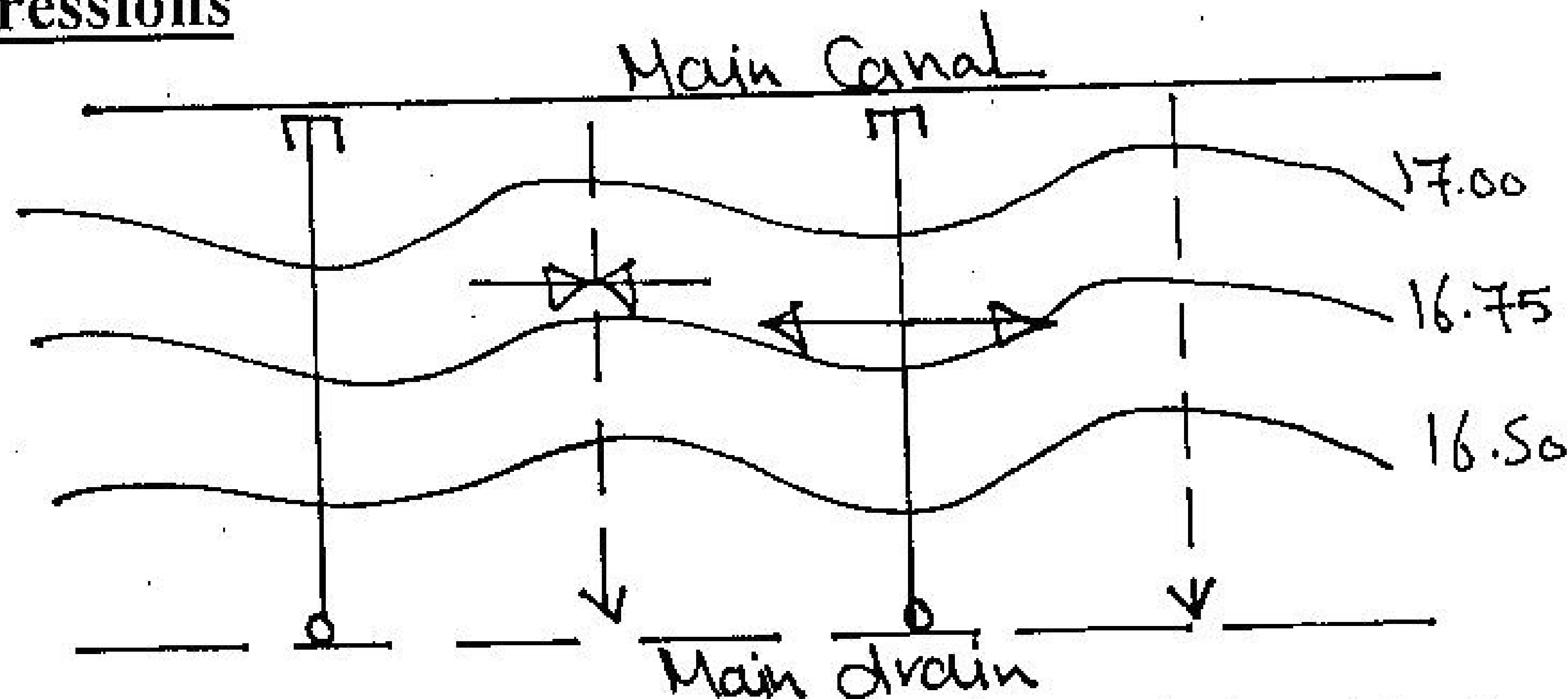



- نظراً لتعدد أشكال طبوغرافية الأرض وتغير درجة انحدارها في المنطقة الواحدة يجب دراسة طبوغرافية المنطقة جيداً واختيار التخطيط المناسب .

---

### 1- تخطيط الأراضي المتماوجة والتي تحتوى على مرتفعات ومنخفضات:

### Alignment of wavy lands which contains high lands and depressions



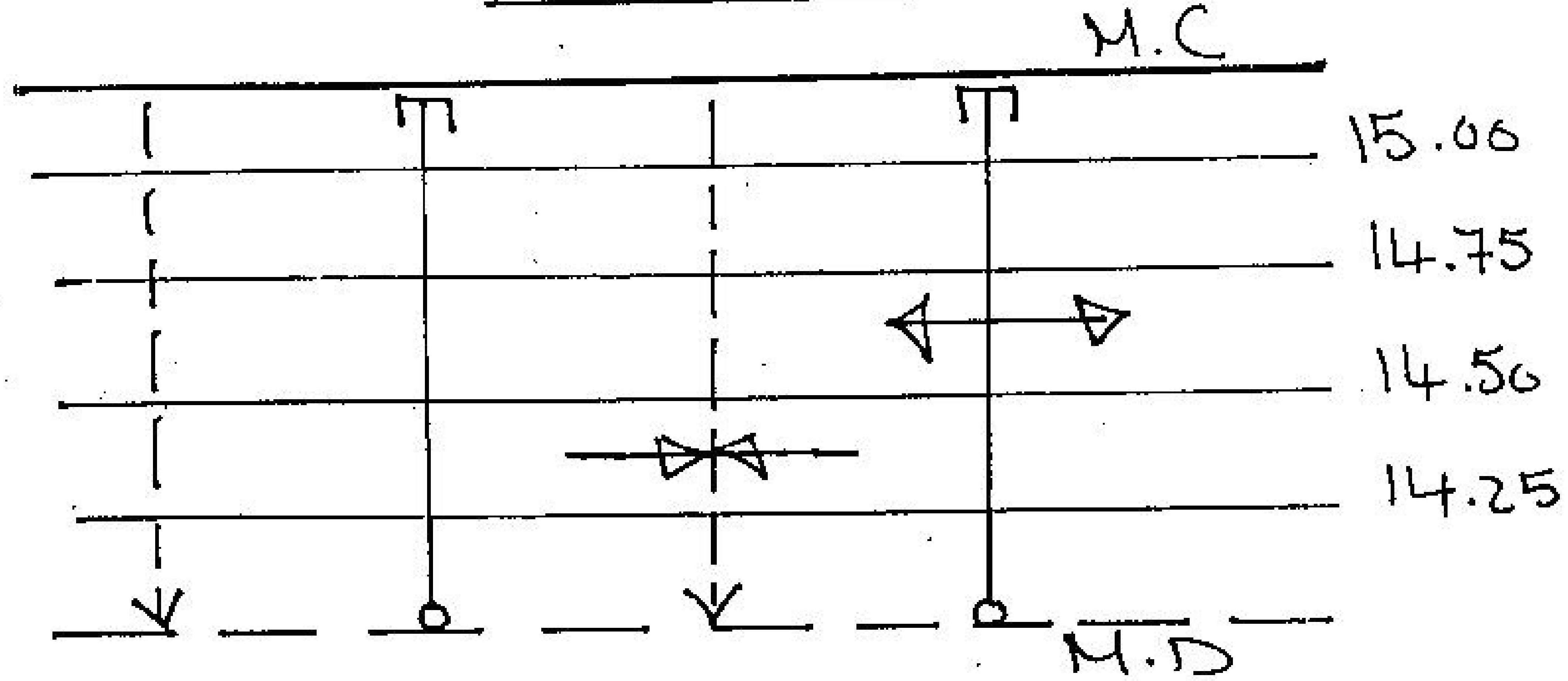

يلاحظ في هذا التخطيط أن الترع والمصارف تخدم **على الاتجاهين.**

## 2- تخطيط الأراضي المنحدرة في اتجاه واحد:

## Alignment of inclined land which its inclination is one direction

### (أ) الأراضي ذات الانحدارات الخفيفة: Light slope

**(أقل من 5cm/km)**

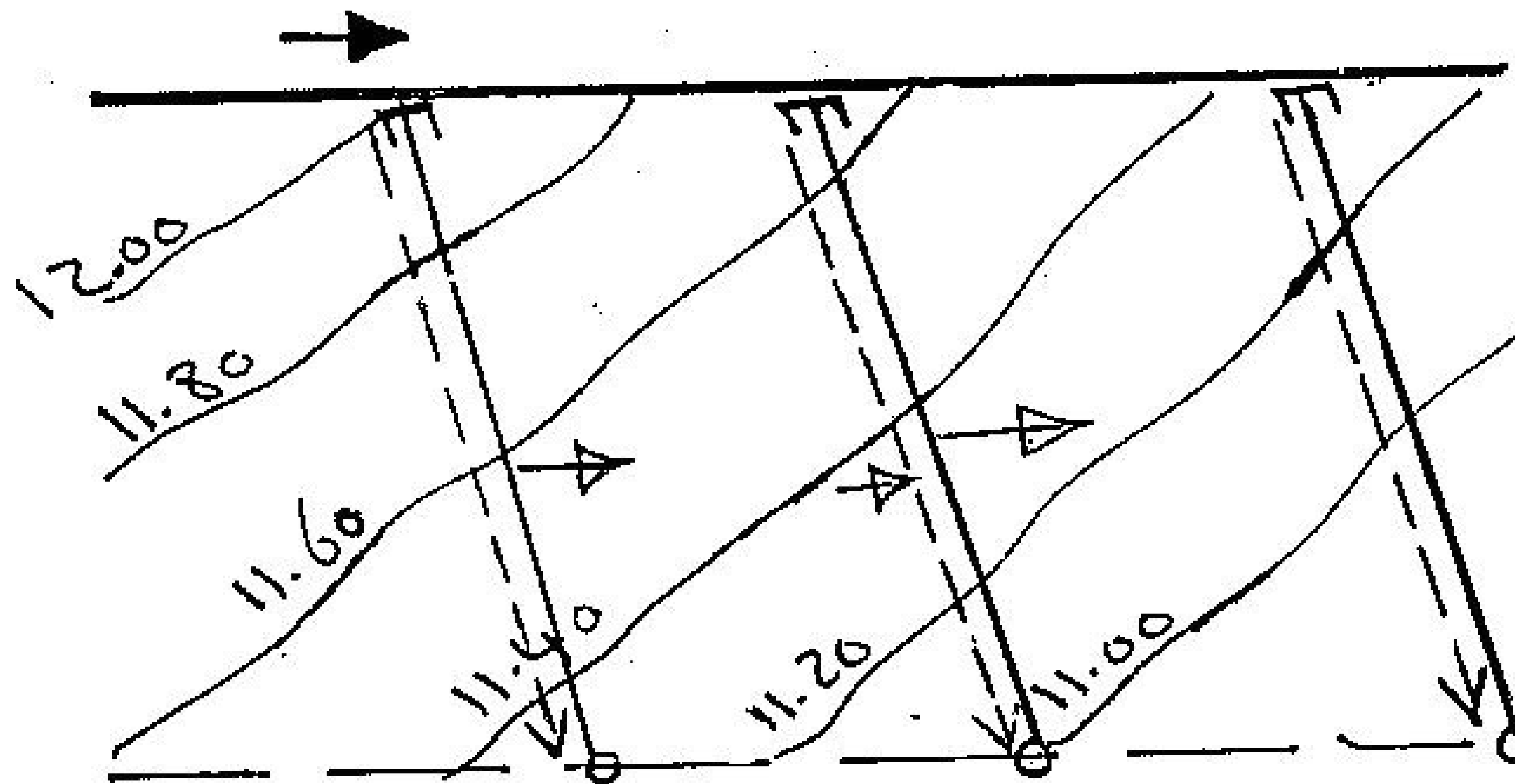



توضع بها ترع التوزيع والمصارف الفرعية في الاتجاه العمودي على خطوط الكنتور ، وتكون الخدمة على الاتجاهين.

---

### (ب) الأراضي ذات الانحدارات المتوسط: Medium slope

**(من 5→20cm/km)**

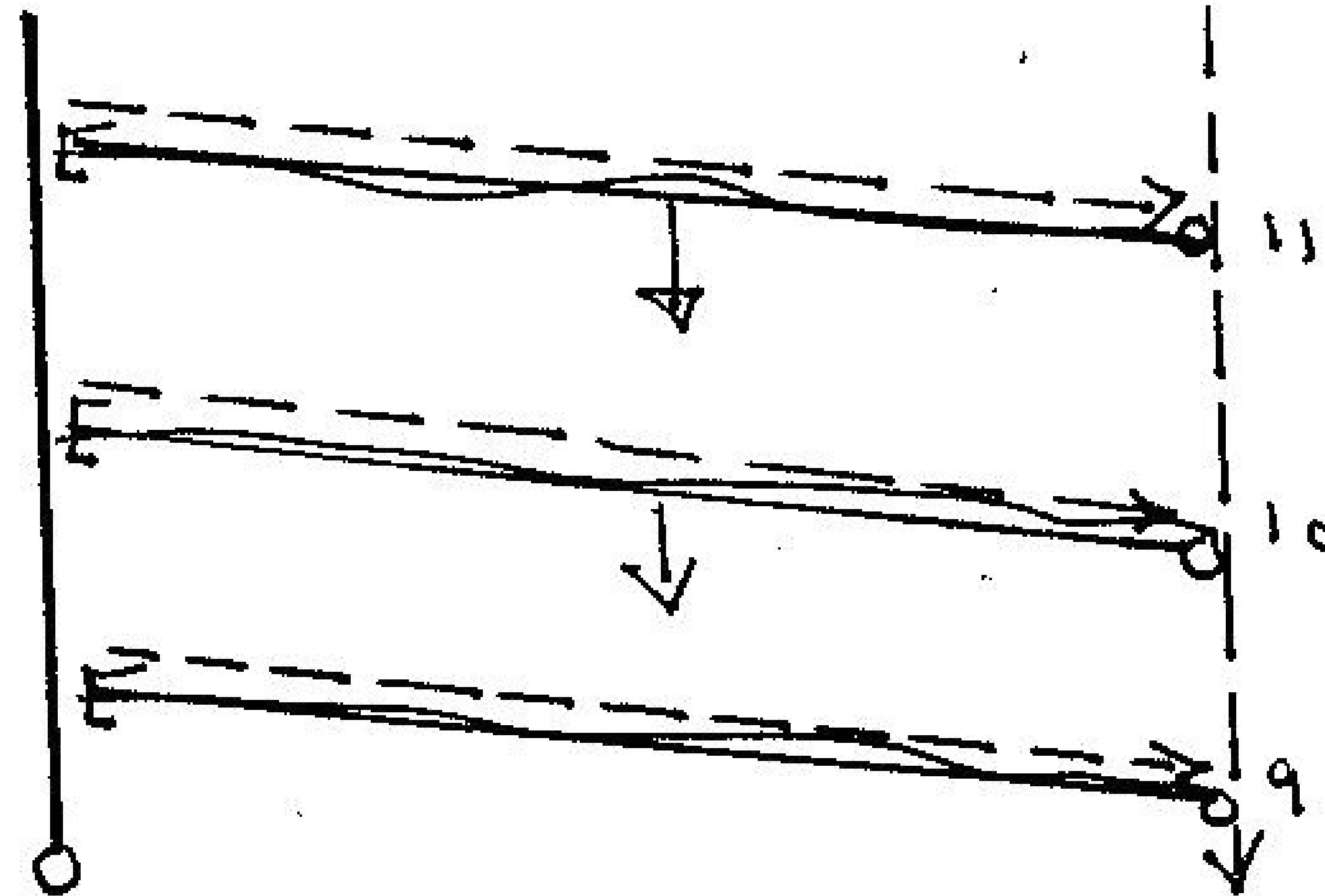



توضع بها ترع التوزيع والمصارف الفرعية مائلة على خطوط الكنتور ، وتكون الخدمة على اتجاه واحد.

---

**(ج) الأراضى ذات الانحدارات الكبيرة: Steep slope**

**(أكبر من 20cm/km)**




توضع بها ترع التوزيع والمصارف الفرعية موازية لخطوط الكنتور ، وتكون الخدمة على اتجاه واحد.

---

- تم رسم لوحة المشروع بمقياس رسم 1:100000

( كل 1cm علي الخريطة يكافئ 1km علي الطبيعة)

$$\text{Area of project} = \frac{(17\times13)\times1000^2}{4200} = 52619\ \text{f}$$

## Calculation of water duty

### 1- Rotation method

**3-turn rotation المناوبة ثلاثية**

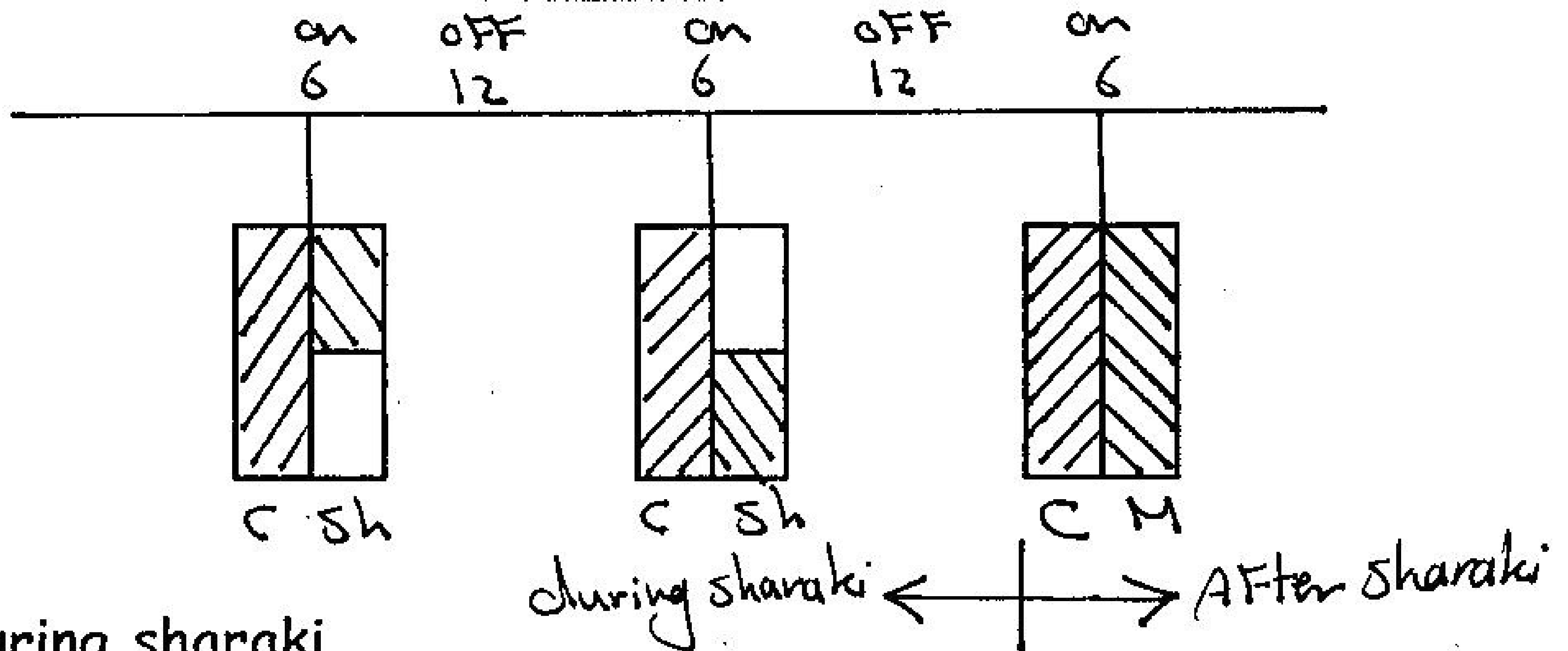
| Cotton | Sharaki |
| --- | --- |
| 14-18 | 28-36 |

**Type of rotation = 3-turn**

**No. of Working days= 18/3= 6 day**

**No. of Closing days= 12 day**

**50% cotton and 45 % sharaki**




### During sharaki

$$\text{Field water duty} = \frac{50*350}{100*1*6} + \frac{45*760}{100*2*6} = 57.67 \ \ m^3/fed/day$$

### After sharaki

$$\text{Field water duty} = \frac{50*350}{100*1*6} + \frac{45*350}{100*1*6} = 55.42 \ \ m^3/fed/day$$

**Water duty for distributing canal**

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * 57.67 = 63.44 \quad m^3/fed/day$$

**Water duty for main canal**

$$(W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{3}$$

$$= \frac{1.21 * 57.67}{3} = 23.26 \quad m^3/fed/day$$

## 2- Blany-Criddle method

$$U_{th} = 192\, K\, P\, (t + 17.8) / 100 \qquad m^3/Fed/month$$

$$U_{actual} = \frac{U_{th}}{\zeta} \quad \text{كفاءة الري}$$

$$\zeta : (60 \rightarrow 70\%)\ ;\ 65\%$$

**$A_{total}$ of project = 52619 f**

**$A_{cotton}$= 0.50*52619 = 26309.5 f**

**$A_{maize}$= 0.45*52619 = 23678.6 f**

## Cotton

$U_{th} = 192\ K\ P\ (t + 17.8)\ /'100$ $m^3$/ Fed / month

| Month | K | P | t | $U_{th}$ | $U_{act}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 0.5 | 8.72 | 23 | 341.5 | 525.4 |
| 5 | 0.6 | 9.53 | 27 | 491.8 | 756.6 |
| 6 | 0.75 | 9.49 | 30 | 653.2 | 1004.9 |
| 7 | 0.9 | 9.67 | 30 | 798.7 | 1228.8 |
| 8 | 0.85 | 9.22 | 32 | 749.3 | 1152.8 |
| 9 | 0.75 | 8.33 | 30 | 573.3 | 882 |
| 10 | 0.55 | 7.99 | 26 | 369.6 | 568.6 |
| 11 | 0.5 | 7.19 | 19 | 254 | 390.8 |
| 12 | 0.5 | 7.15 | 18 | 245.7 | 378 |

$U_{max}$ of cotton = 1228.8 $m^3$/f/month

$U_{total}$ of cotton = 1228.8 * 26309.5= 32329113.6 $m^3$/ month

## Maize

$U_{th} = 192\ K\ P\ (t + 17.8) / 100$ $m^3$/ Fed / month

| Month | K | P | t | $U_{th}$ | $U_{act}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 0.5 | 8.72 | 23 | 341.5 | 525.4 |
| 5 | 0.6 | 9.53 | 27 | 491.8 | 756.6 |
| 6 | 0.7 | 9.49 | 30 | 609.7 | 938 |
| 7 | 0.8 | 9.67 | 30 | 709.9 | 1092.2 |
| 8 | 0.8 | 9.22 | 32 | 705.3 | 1085.1 |
| 9 | 0.6 | 8.33 | 30 | 458.7 | 705.7 |
| 10 | 0.5 | 7.99 | 26 | 335.9 | 516.8 |

**$U_{max}$ of maize = 1092.2 $m^3$/f/month**

**$U_{total}$ of maize = 1092.2 * 23678.6 = 25861766.9 $m^3$/ month**

---

**$U_{total}$ (cotton+maize) =32329113.6+25861766.9= 58190880.5 $m^3$/ month**

$$U_{total}\ (\text{cotton+maize}) = \frac{58190880.5}{30} = 1939696.02\ m^3/\text{day}$$

$$F.W.D = \frac{1939696.02}{(26309.5+23678.6)} = 38.8 \quad m^3/f/day$$

**Water duty for distributing canal**

$$(W.D)_{d.c} = 1.1 * 38.8 = 42.68 \quad m^3/fed/day$$

**Water duty for main canal**

$$(W.D.)_{m.c.} = \frac{1.21 * \text{Field water duty}}{3}$$

$$= \frac{1.21*38.8}{3} = 15.65 \quad m^3/fed/day$$

---

## 3- Greeve's method

$$U_{th} = 180\ K.\ C.d\ .\ t \qquad m^3/fed/month$$

$A_{cotton}$ = 0.50*52619 = 26309.5 f

$A_{maize}$ = 0.45*52619= 23678.6 f

**Cotton**

| Month | K | C | d | t | $U_{th}$ | $U_{act}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 0.6 | 0.17 | 1.05 | 23 | 443.4 | 682.2 |
| 5 | 0.6 | 0.17 | 1.14 | 27 | 565.1 | 869.4 |
| 6 | 0.6 | 0.17 | 1.14 | 30 | 627.9 | 966 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0.6 | 0.17 | 1.16 | 30 | 638.9 | 982.9 |
| 8 | 0.6 | 0.17 | 1.11 | 32 | 652.1 | 1003.2 |
| 9 | 0.6 | 0.17 | 1.10 | 30 | 605.9 | 932.2 |
| 10 | 0.6 | 0.17 | 0.96 | 26 | 458.3 | 705.1 |
| 11 | 0.6 | 0.17 | 0.86 | 19 | 300 | 461.5 |
| 12 | 0.6 | 0.17 | 0.86 | 18 | 284.2 | 437.2 |

$U_{max}$ of cotton = 1003.2 $m^3$/f/month

$U_{total}$ of cotton = 1003.2 * 26309.5= 26393690.4 $m^3$/ month

## Maize

| Month | K | C | d | t | $U_{th}$ | $U_{act}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0.5 | 0.17 | 1.16 | 30 | 532.4 | |
| 8 | 0.5 | 0.17 | 1.11 | 32 | 543.5 | 836.1 |

$U_{max}$ of maize = 836.1 $m^3$/f/month

$U_{total}$ of maize = 836.1 * 23678.6 = 19797677.5 $m^3$/ month

**$U_{total}$ (cotton+maize) =26393690.4+19797677.5= 46191367.9 $m^3$/ month**

$$U_{total}\ (cotton+maize)=\frac{46191367.9}{30}=1539712.3\ m^3/day$$

$$F.W.D=\frac{1539712.3}{(26309.5+23678.6)}=30.8\ \ m^3/f/day$$

**Water duty for distributing canal**

$$(W.D)_{d.c}=1.1*30.8=33.9\ \ m^3/fed/day$$

**Water duty for main canal**

$$(W.D.)_{m.c.}=\frac{1.21*\text{Field water duty}}{3}$$

$$=\frac{1.21*30.8}{3}=12.4\quad m^3/fed/day$$

---

يتم استخدام الإحتياجات المائية الناتجة من طريقة المناوبات في باقي حسابات المشروع.

Field water duty = 57.67 $m^3/fed/day$

$(W.D)_{d.c}$= 63.44 $m^3/fed/day$

$(W.D.)_{m.c.}$ = 23.26 $m^3/fed/day$

---

14

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 9 ري

## Types of irrigation

### 1-Free flow irrigation الرى بالراحة

منسوب سطح المياه في القناه أعلي من منسوب الأرض المتوسطة بمسافة

. 25-40 cm



### 1-Lift irrigation الرى بالرفع

منسوب سطح المياه في القناه أقل من منسوب الأرض المتوسطة بمسافة

. (50 cm) 25-75 cm



## Curves in waterway

- من المفضل أن تكون القنوات و المصارف مستقيمة.
- عند الضرورة لوجود انحناء في المجري المائي فإنه يمكن تحديد نصف قطر الإنحناء كالتالي:

1- $R_{min} = 15y$

2- Related to bed width علي أساس عرض الترعة

3- Related to discharge علي أساس التصرف

| Type of soil | Radius (times the bed width b) | |
|---|---|---|
| | Min | Max |
| Alluvial soil | 30-50 | 200 |
| Non-Alluvial soil | 20 | 100 |

| Discharge $m^3/sec$ | Min Radius (m) |
|---|---|
| >80 | 1500 |
| 30-80 | 900 |
| 15-30 | 600 |
| 3-15 | 300 |
| 0.3-3 | 150 |
| Up to 0.3 | 90 |

## Working head ضاغط التشغيل

هو الفرق بين منسوب المياه عند مأخذ القناه ومنسوب المياه في القناه الأعلي منها في الدرجة عند المأخذ. وهو يمثل الفواقد نتيجة دخول المياه الي القناه الأصغر.

| Type of canal | Working head |
|---|---|
| Main canal | 100 cm |
| Branch canal | 60 cm |
| Distribution | 20 cm |
| Laterals | 10 cm |

## Longitudinal slopes الميول الطولية

Values of water slopes "S" for canals and drains.

| Canals | | Drains | |
|---|---|---|---|
| Type of canal | S cm/km | Type of drain | S cm/km |
| Diversion canal | 4 → 5 | District drain | 3 → 5 |
| Main canal | 5 → 8 | Main drain | 5 → 10 |
| Branch canal | 8 → 10 | Branch drain | 10 → 15 |
| Distributing | 10 → 20 | Small branch | 15 → 25 |
| Field canal | 20 → 30 | | |

## Side slopes الميول الجانبية

| Soil | Side slope | |
|---|---|---|
| | canal | drain |
| Sand | 2:1 → 3:1 | 2:1 → 3:1 |
| Silt | 3 : 2 | 2 : 1 |
| Clay | 1 :1 | 3 :2 |

F: **Free board** (هي المسافة بين منسوب الماء والسطح) ≮ 25Cm

| canal | Field | Distr. | Branch/Main | Diversion |
|---|---|---|---|---|
| X(m) | 0.5 | 0.75 | 1.5 | 2.0 |

ارتفاع الطريق عن منسوب المياه الترعة



## Synoptic Diagram المخطط المائى

هو قطاع طولي في القنوات والمصارف يوضح عليه:

-1 منسوب الأرض الطبيعية **Land level (L.L)**

-2 منسوب سطح المياه **Water level (W.L)**

-3 الترقيم الكيلومتري للقناه أو المصرف **kilometrage**

---

1- مقياس الرسم:

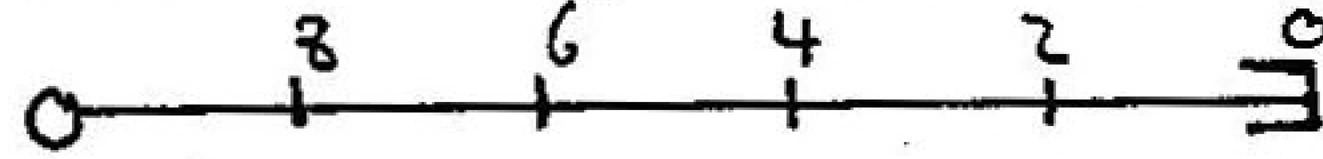
* المقياس الرأسى (ثابت) **1:100** (كل *1cm* علي اللوحة يقابل *1m* في الطبيعة)

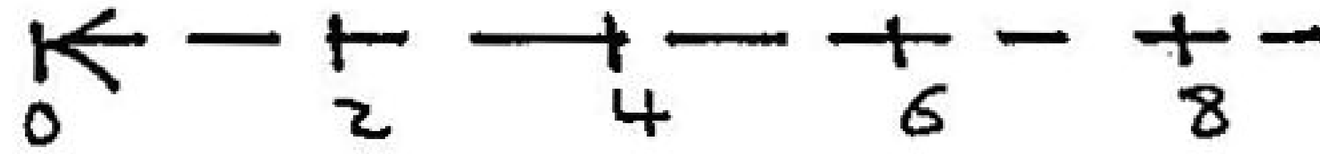
* المقياس الأفقى

| | | |
|---|---|---|
| 1:50000 | → | 1 cm=0.5 km |
| 1:100000 | → | 1 cm=1.0 km |
| 1:200000 | → | 1 cm=2.0 km |
| 1:250000 | → | 1 cm=2.5 km |

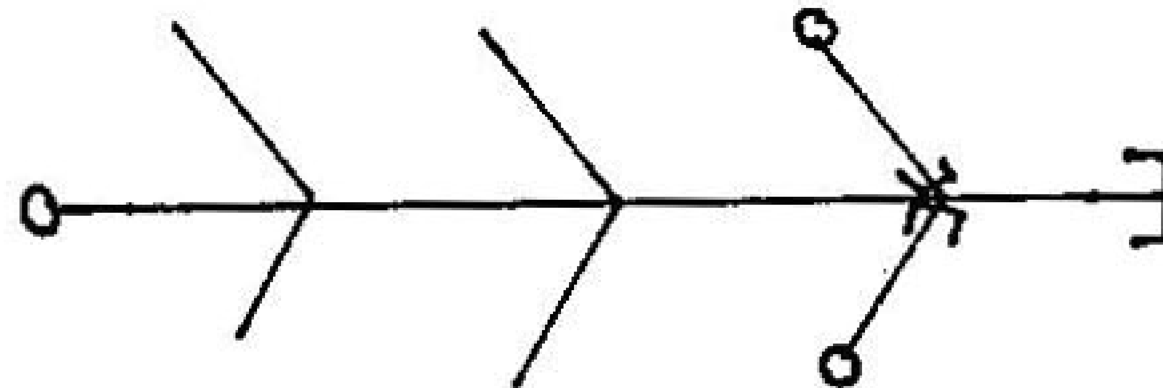
2- الترقيم:

يتم ترقيم الترع مع اتجاه السريان وترقيم المصارف عكس اتجاه السريان.



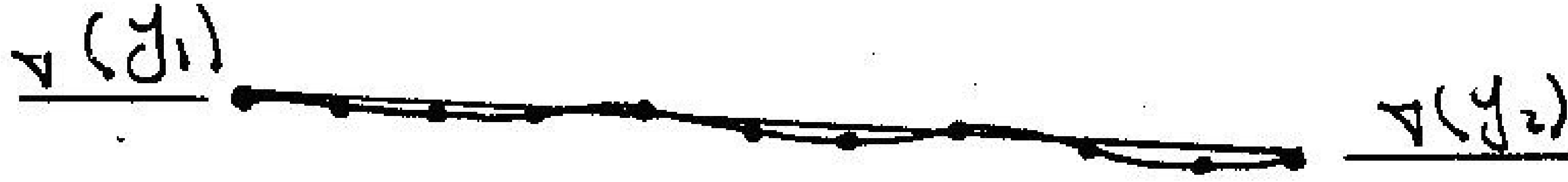

3- القنوات الفرعية فوق القناة الرئيسية قطاعها الطولي فوق قطاع القناه والعكس.



## ملاحظات هامة

**1- يتم توقيع سطح الأرض في الترع الفرعية والترعة الرئيسية.**

2- نرسم سطح الأرض المتوسط



نحسب ميل خط الأرض المتوسط = $\frac{\Delta y}{\Delta x}$

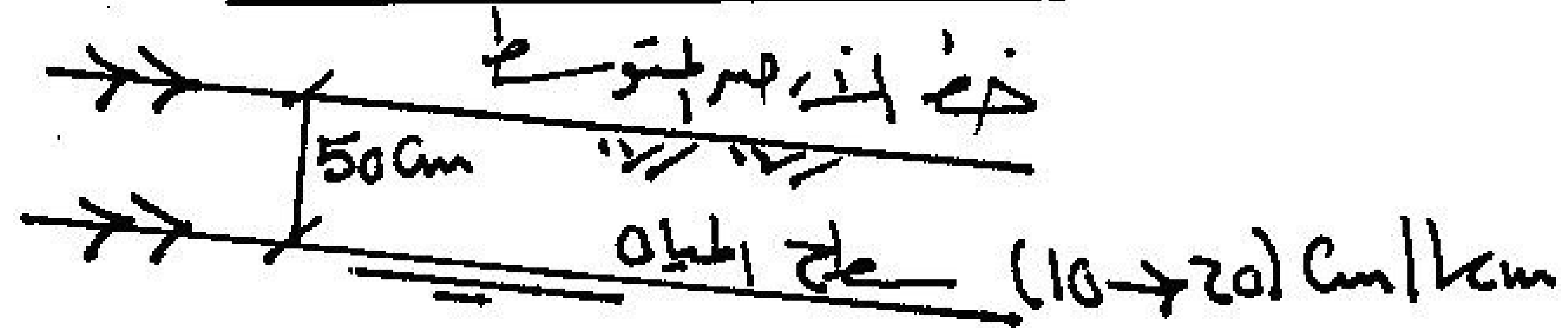
$\Delta y$ ⟵ فرق المنسوب بين البداية والنهاية (سم)

$\Delta x$ ⟵ طول القناة (كم)

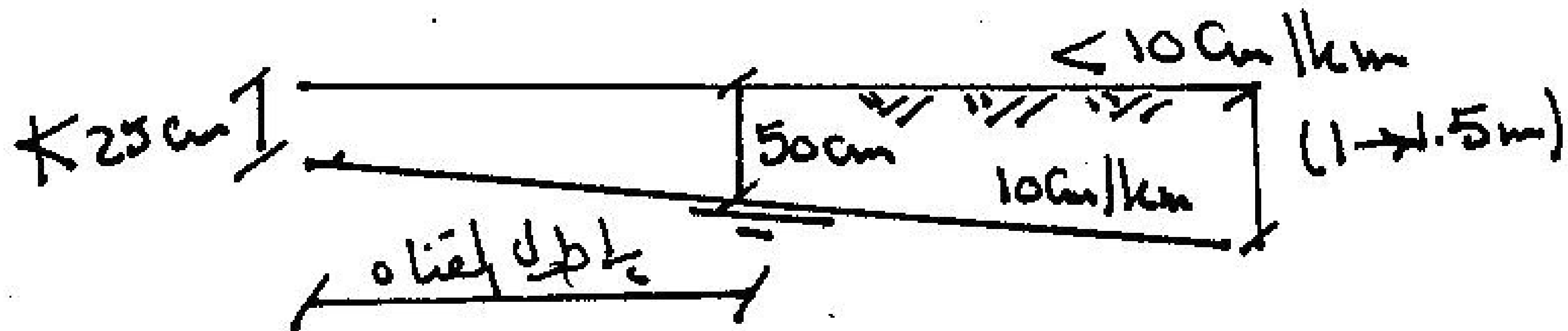
**بالنسبة للترع:**

| |
|---|
| **ميل سطح المياه في قنوات التوزيع (10-20 cm/km)** |

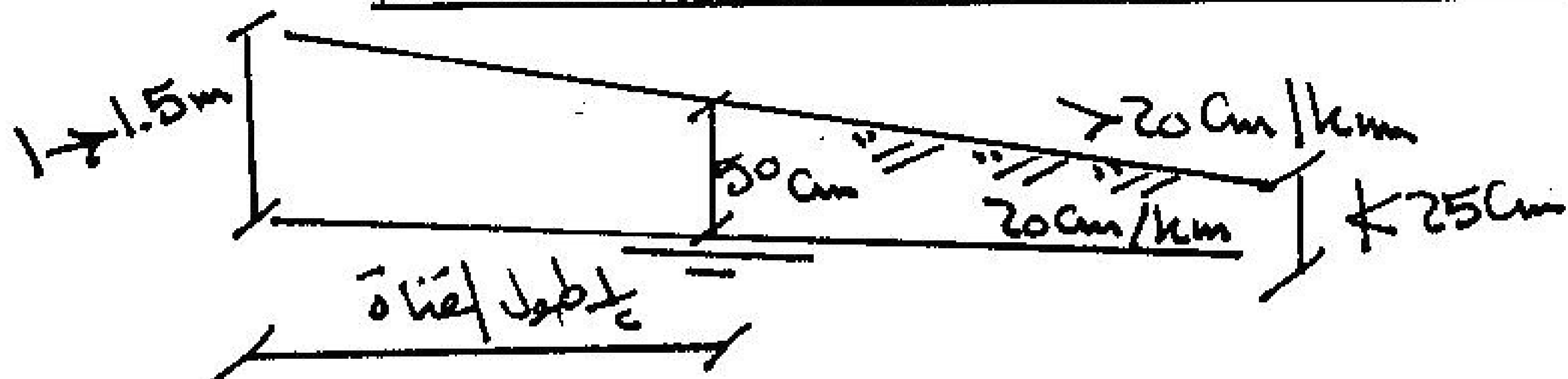
**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط (10-20 cm/km)**




**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط أقل من(10 cm/km)**




**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط أكبر من(20 cm/km)**



**ميل سطح المياه في القناة الفرعية (8-10 cm/km)**

**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط (8-10 cm/km)**

*خط المياه يوازي سطح الأرض*

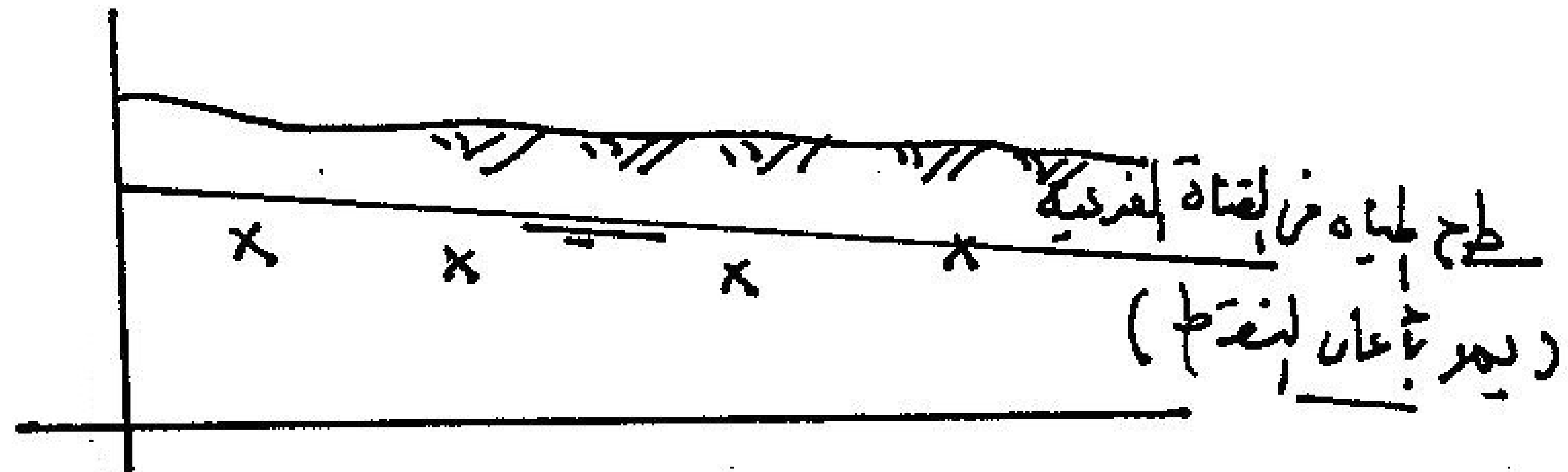
**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط أقل من(8 cm/km)**

*ميل خط المياه* **8 cm/km**

**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط أكبر من(10 cm/km)**

*ميل خط المياه* **10 cm/km**

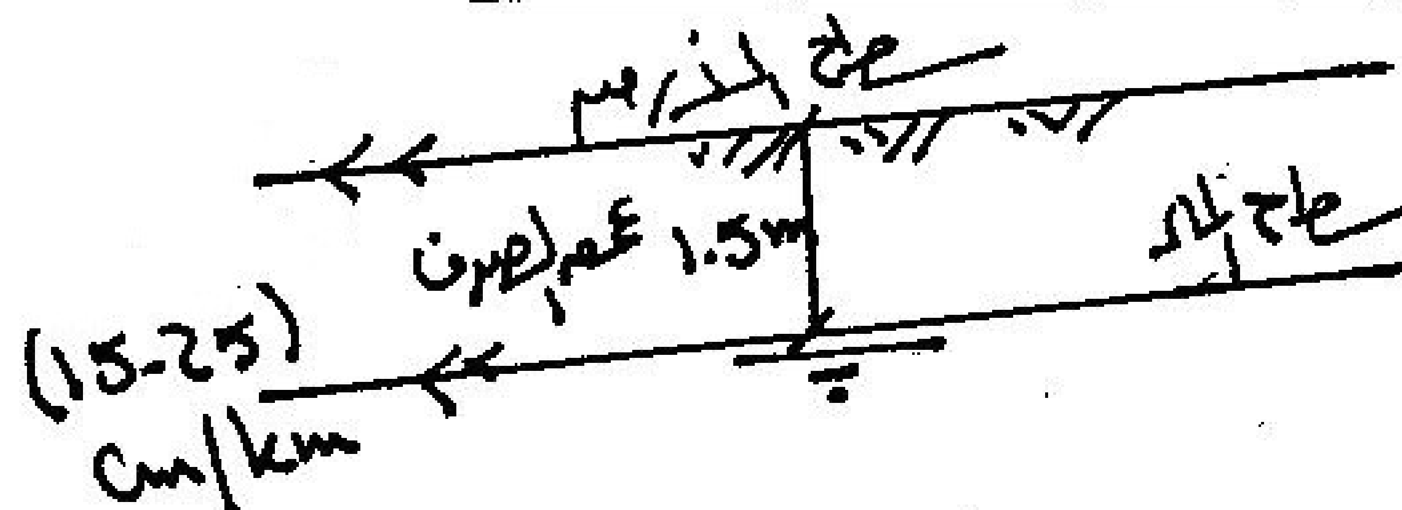
*ويمر خط المياه بأعلي النقط (المناسيب) من* **Distribution canals**



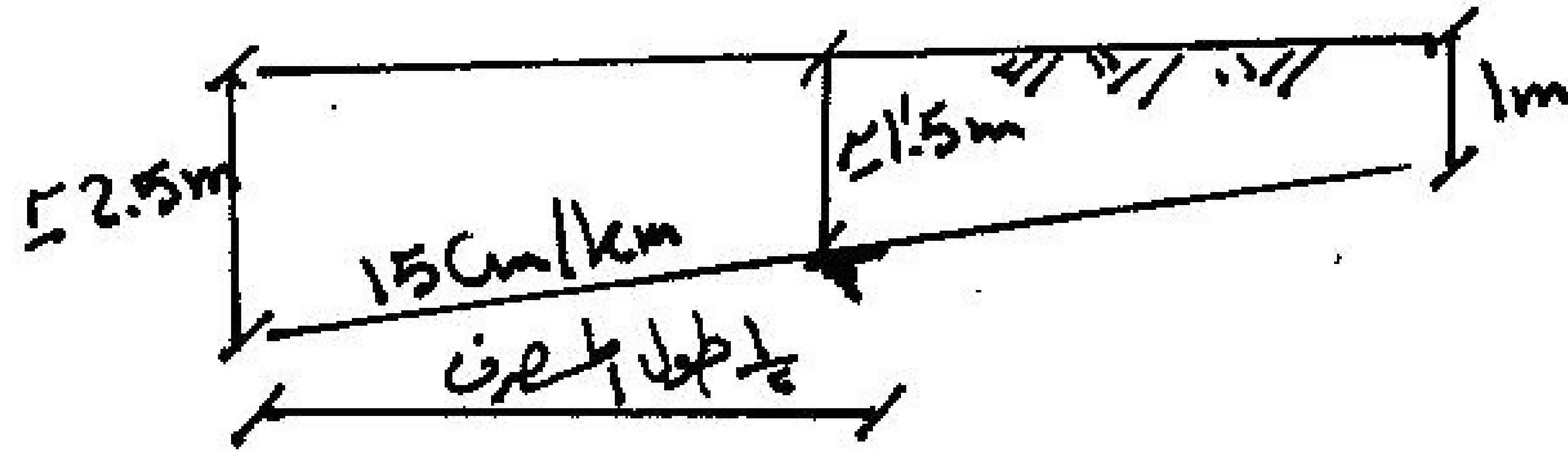
**بالنسبة للمصارف:**

**ميل سطح المياه في *Small Branch* (15-25 cm/km)**

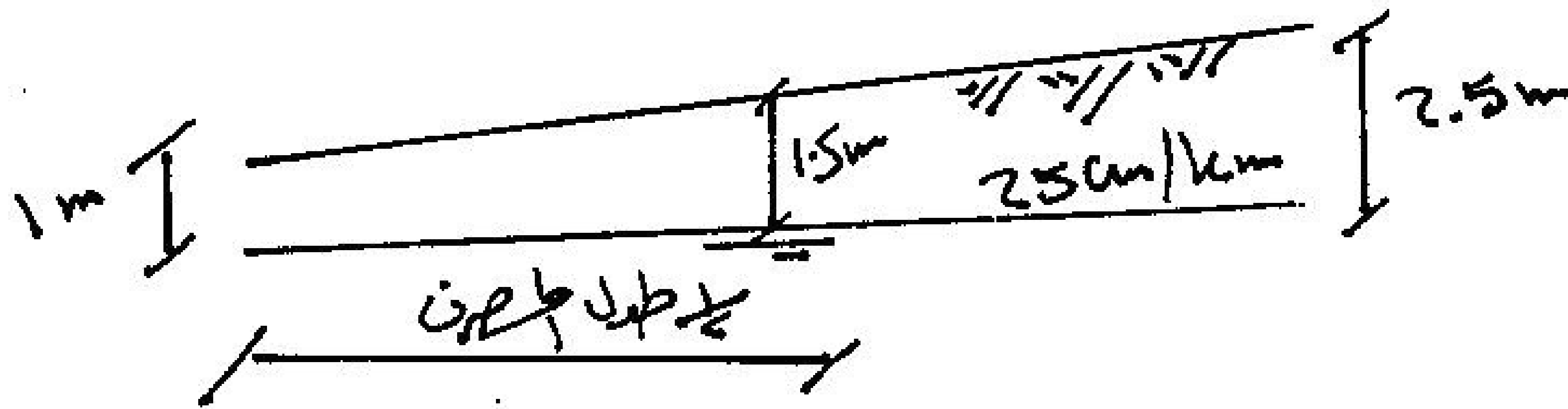
**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط (15-25 cm/km)**



**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط أقل من(15 cm/km)**




**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط أكبر من(25 cm/km)**




| |
|---|
| **ميل سطح المياه في المصرف الفرعي (10-15 cm/km)** |

**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط (10-15 cm/km)**

***خط المياه يوازي سطح الأرض***

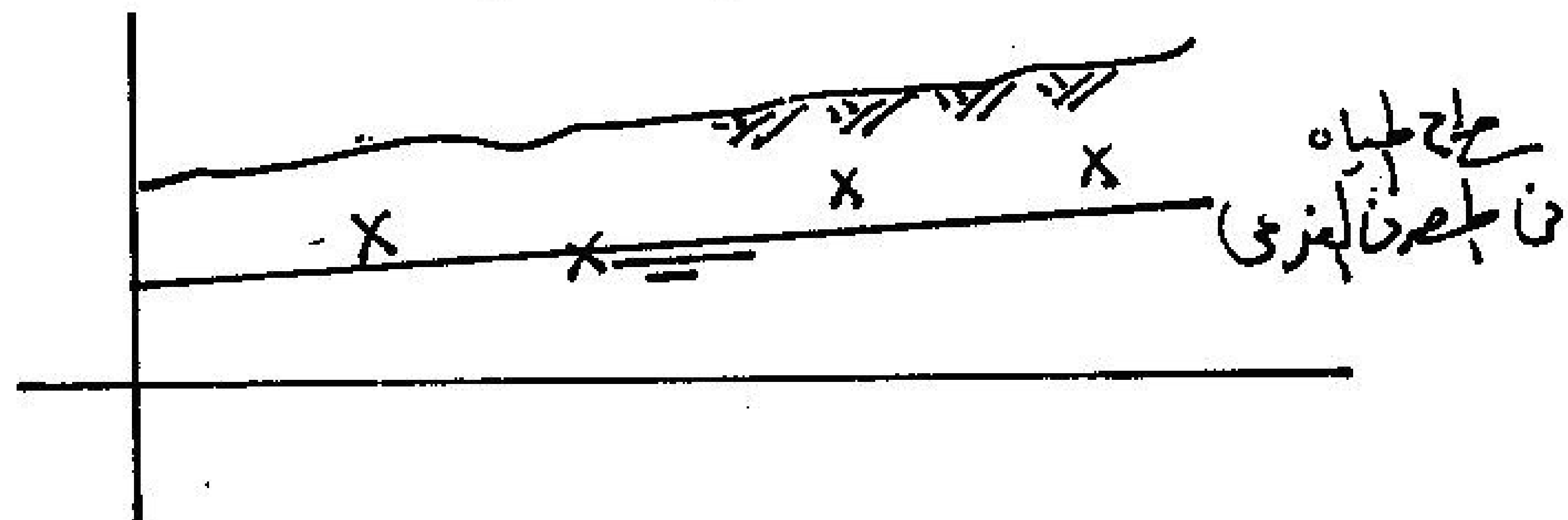
**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط أقل من(10 cm/km)**

***ميل خط المياه*** **10 cm/km**

**اذا كان ميل خط الأرض المتوسط أكبر من(15 cm/km)**

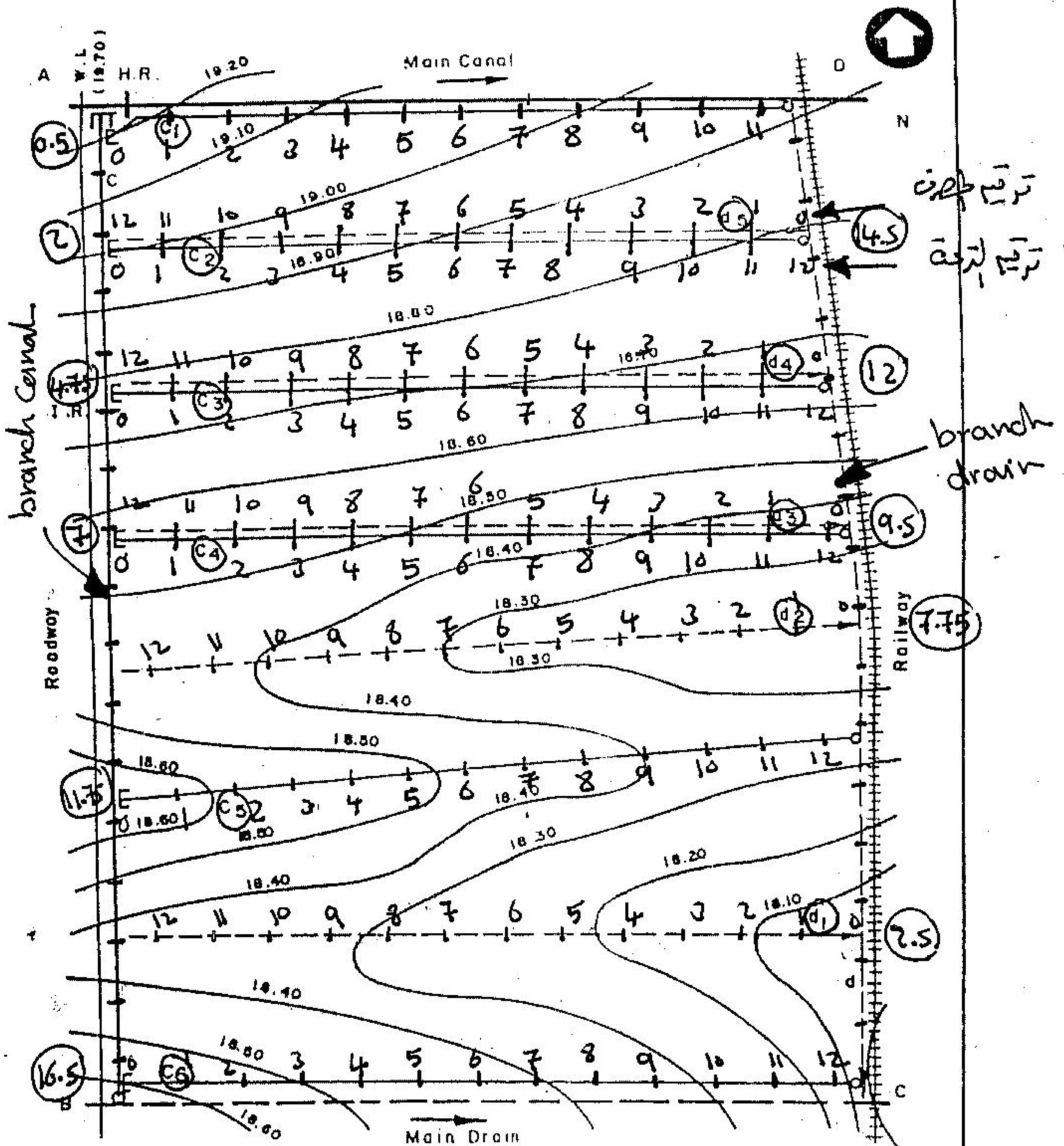
***ميل خط المياه*** **15 cm/km**

***ويمر خط المياه بأقل النقط (المناسيب) من*** **Small Branch drains**



منسوب المياه في القناه الفرعية أعلي من منسوب المياه عند مأخذ قنوات التوزيع بمسافة لا تقل عن 20 cm .

منسوب المياه في المصرف الفرعي أقل من منسوب المياه عند مصب المصارف الفرعية الصغيرة بمسافة لا تقل عن 20 cm .

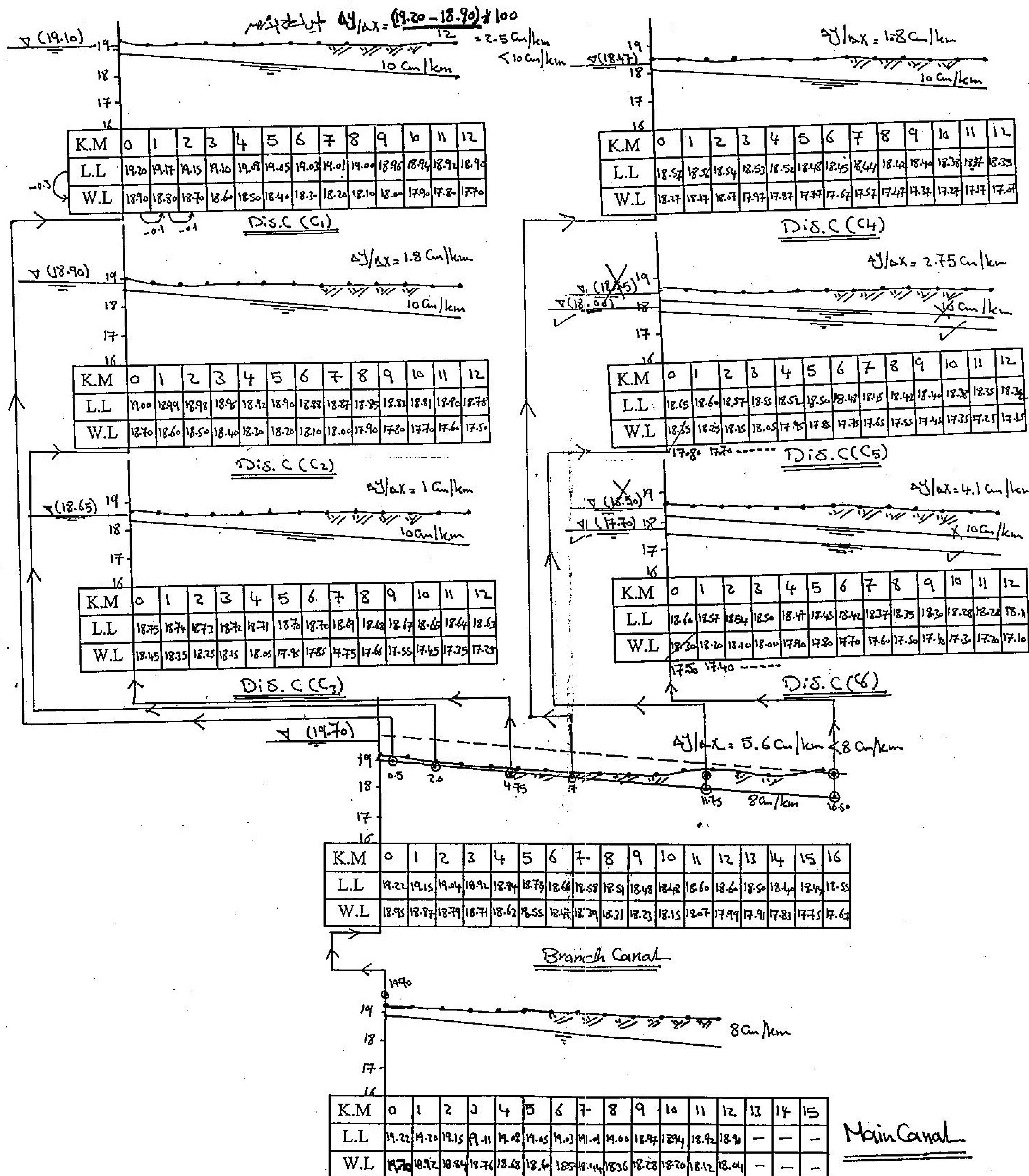



Scale 1 : 50,000

1 : 100,000

CANALIZATION

# لوحة رقم ١ مذكرة رقم (١٤)




**Dis.C (C1)**

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 19.20 | 19.17 | 19.15 | 19.10 | 19.08 | 19.05 | 19.03 | 19.01 | 19.00 | 18.96 | 18.94 | 18.92 | 18.90 |
| W.L | 18.90 | 18.80 | 18.70 | 18.60 | 18.50 | 18.40 | 18.30 | 18.20 | 18.10 | 18.00 | 17.90 | 17.80 | 17.70 |

**Dis.C (C4)**

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.57 | 18.56 | 18.54 | 18.53 | 18.52 | 18.48 | 18.45 | 18.44 | 18.42 | 18.40 | 18.38 | 18.37 | 18.35 |
| W.L | 18.27 | 18.17 | 18.07 | 17.97 | 17.87 | 17.77 | 17.67 | 17.57 | 17.47 | 17.37 | 17.27 | 17.17 | 17.07 |

**Dis.C (C2)**

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 19.00 | 18.99 | 18.98 | 18.96 | 18.92 | 18.90 | 18.88 | 18.87 | 18.85 | 18.83 | 18.81 | 18.80 | 18.78 |
| W.L | 18.70 | 18.60 | 18.50 | 18.40 | 18.30 | 18.20 | 18.10 | 18.00 | 17.90 | 17.80 | 17.70 | 17.60 | 17.50 |

**Dis.C (C5)**

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.65 | 18.60 | 18.57 | 18.55 | 18.52 | 18.50 | 18.48 | 18.45 | 18.42 | 18.40 | 18.38 | 18.35 | 18.32 |
| W.L | 18.35 | 18.25 | 18.15 | 18.05 | 17.95 | 17.85 | 17.75 | 17.65 | 17.55 | 17.45 | 17.35 | 17.25 | 17.15 |

**Dis.C (C3)**

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.75 | 18.74 | 18.73 | 18.72 | 18.71 | 18.70 | 18.70 | 18.69 | 18.68 | 18.67 | 18.65 | 18.64 | 18.63 |
| W.L | 18.45 | 18.35 | 18.25 | 18.15 | 18.05 | 17.95 | 17.85 | 17.75 | 17.65 | 17.55 | 17.45 | 17.35 | 17.25 |

**Dis.C (C6)**

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.60 | 18.57 | 18.54 | 18.50 | 18.47 | 18.45 | 18.42 | 18.37 | 18.35 | 18.30 | 18.28 | 18.28 | 18.1 |
| W.L | 18.30 | 18.20 | 18.10 | 18.00 | 17.90 | 17.80 | 17.70 | 17.60 | 17.50 | 17.40 | 17.30 | 17.20 | 17.10 |

**Branch Canal**

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 19.22 | 19.15 | 19.04 | 18.92 | 18.84 | 18.74 | 18.66 | 18.58 | 18.51 | 18.48 | 18.48 | 18.60 | 18.60 | 18.50 | 18.40 | 18.44 | 18.55 |
| W.L | 18.95 | 18.87 | 18.79 | 18.71 | 18.62 | 18.55 | 18.47 | 18.39 | 18.21 | 18.23 | 18.15 | 18.07 | 17.99 | 17.91 | 17.83 | 17.75 | 17.67 |

**Main Canal**

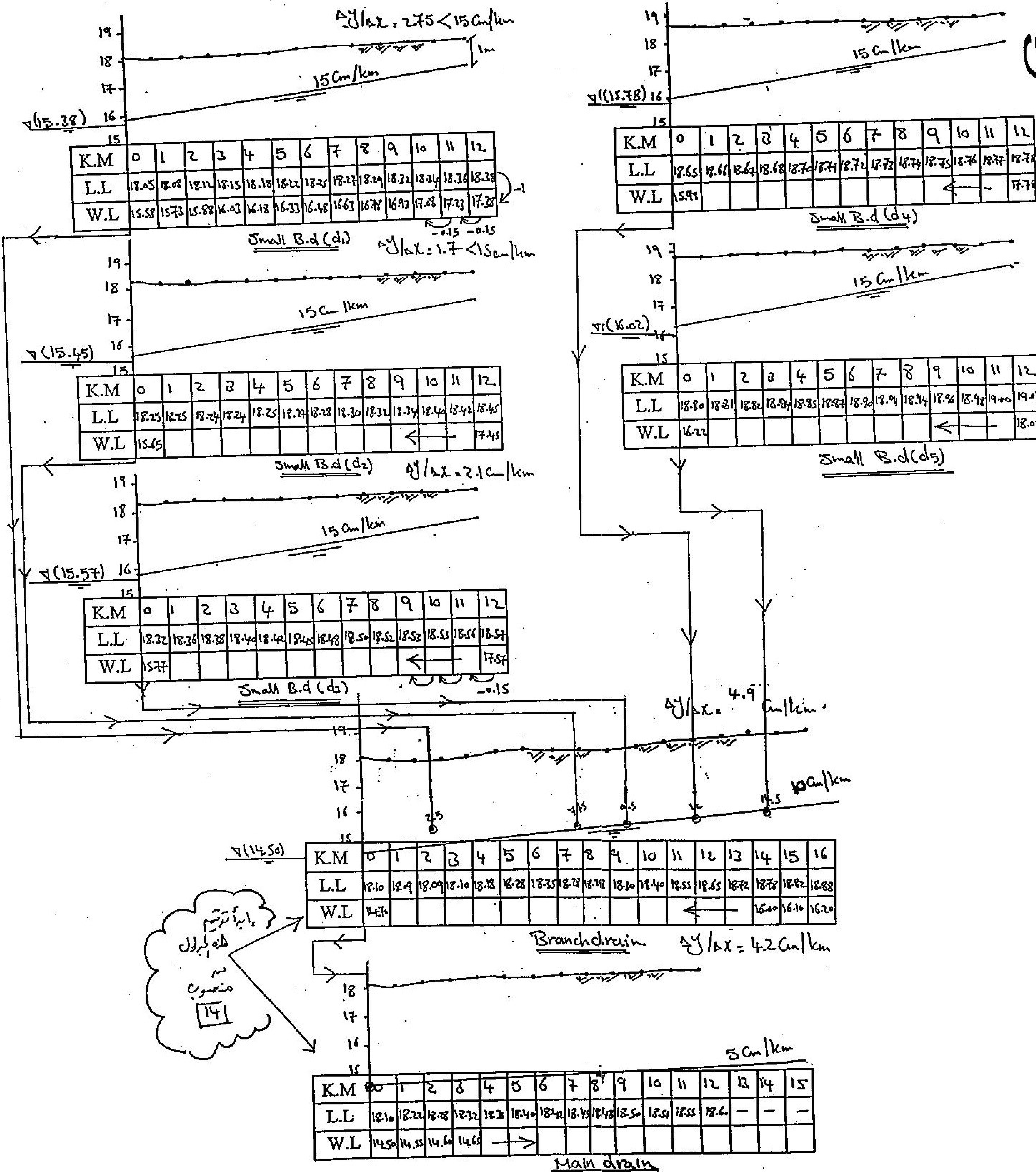
| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 19.22 | 19.20 | 19.15 | 19.11 | 19.08 | 19.05 | 19.03 | 19.01 | 19.00 | 18.97 | 18.94 | 18.92 | 18.90 | — | — | — |
| W.L | 19.70 | 18.92 | 18.84 | 18.76 | 18.68 | 18.60 | 18.52 | 18.44 | 18.36 | 18.28 | 18.20 | 18.12 | 18.04 | — | — | — |

Synoptic diagram For Main, Branch and distribution Canals

المقياس الأفقي 1:100,000

المقياس الرأسي 1:100

لوحة رقم (٢) مذكرة رقم (14)




Small B.d (d1)

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.05 | 18.08 | 18.12 | 18.15 | 18.18 | 18.22 | 18.25 | 18.27 | 18.29 | 18.32 | 18.34 | 18.36 | 18.38 |
| W.L | 15.58 | 15.73 | 15.88 | 16.03 | 16.18 | 16.33 | 16.48 | 16.63 | 16.78 | 16.93 | 17.08 | 17.23 | 17.38 |

Small B.d (d2)

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.25 | 18.25 | 18.24 | 18.24 | 18.25 | 18.27 | 18.28 | 18.30 | 18.32 | 18.34 | 18.40 | 18.42 | 18.45 |
| W.L | 15.65 | | | | | | | | | ← | | | 17.45 |

Small B.d (d3)

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.32 | 18.36 | 18.38 | 18.40 | 18.42 | 18.45 | 18.48 | 18.50 | 18.52 | 18.53 | 18.55 | 18.56 | 18.57 |
| W.L | 15.77 | | | | | | | | | ← | | | 17.57 |

Small B.d (d4)

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.65 | 18.66 | 18.67 | 18.68 | 18.70 | 18.71 | 18.72 | 18.73 | 18.74 | 18.75 | 18.76 | 18.77 | 18.78 |
| W.L | 15.98 | | | | | | | | | | ← | | 17.78 |

Small B.d (d5)

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.80 | 18.81 | 18.82 | 18.84 | 18.85 | 18.87 | 18.90 | 18.94 | 18.94 | 18.96 | 18.98 | 19.00 | 19.02 |
| W.L | 16.22 | | | | | | | | | ← | | | 18.02 |

Branchdrain

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.10 | 18.9 | 18.09 | 18.10 | 18.18 | 18.28 | 18.35 | 18.38 | 18.48 | 18.30 | 18.40 | 18.55 | 18.65 | 18.72 | 18.78 | 18.82 | 18.88 |
| W.L | 14.70 | | | | | | | | | | | | ← | | 16.40 | 16.16 | 16.20 |

Main drain

| K.M | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 18.10 | 18.22 | 18.28 | 18.32 | 18.38 | 18.40 | 18.42 | 18.45 | 18.48 | 18.50 | 18.51 | 18.55 | 18.60 | — | — | — |
| W.L | 14.50 | 14.55 | 14.60 | 14.65 | → | | | | | | | | | | | |

Synoptic diaggram For Main, Branch and Small Branch Drains.

المقياس الأفقي 1:100,000

المقياس الرأسي 1:100

15
١٨٠

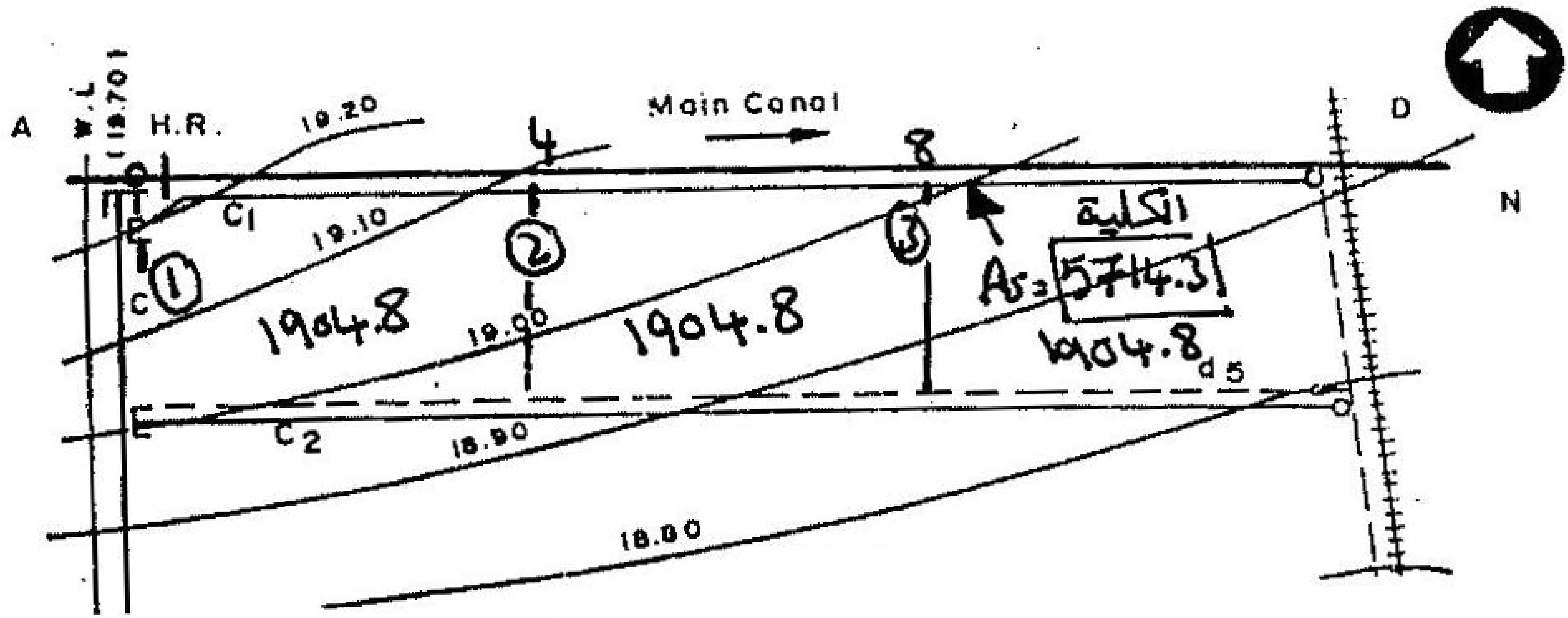
# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 10 ري

## Area served المساحة المخدومة (الزمام)




## Distribution Canal C1:

**As 1 at K.M 0 = 5714.3 f**

**As 2 at K.M 4= 3809.5+ 0.4*1904.8=4571.5 f**

**As 3 at K.M 8= 1904.8+ 0.4*3809.5=3428.6 f**

---

$$(Q)_{d.c} = \frac{(W.D)_{d.c} * \text{Area served}}{24*60*60} \quad m^3/sec$$

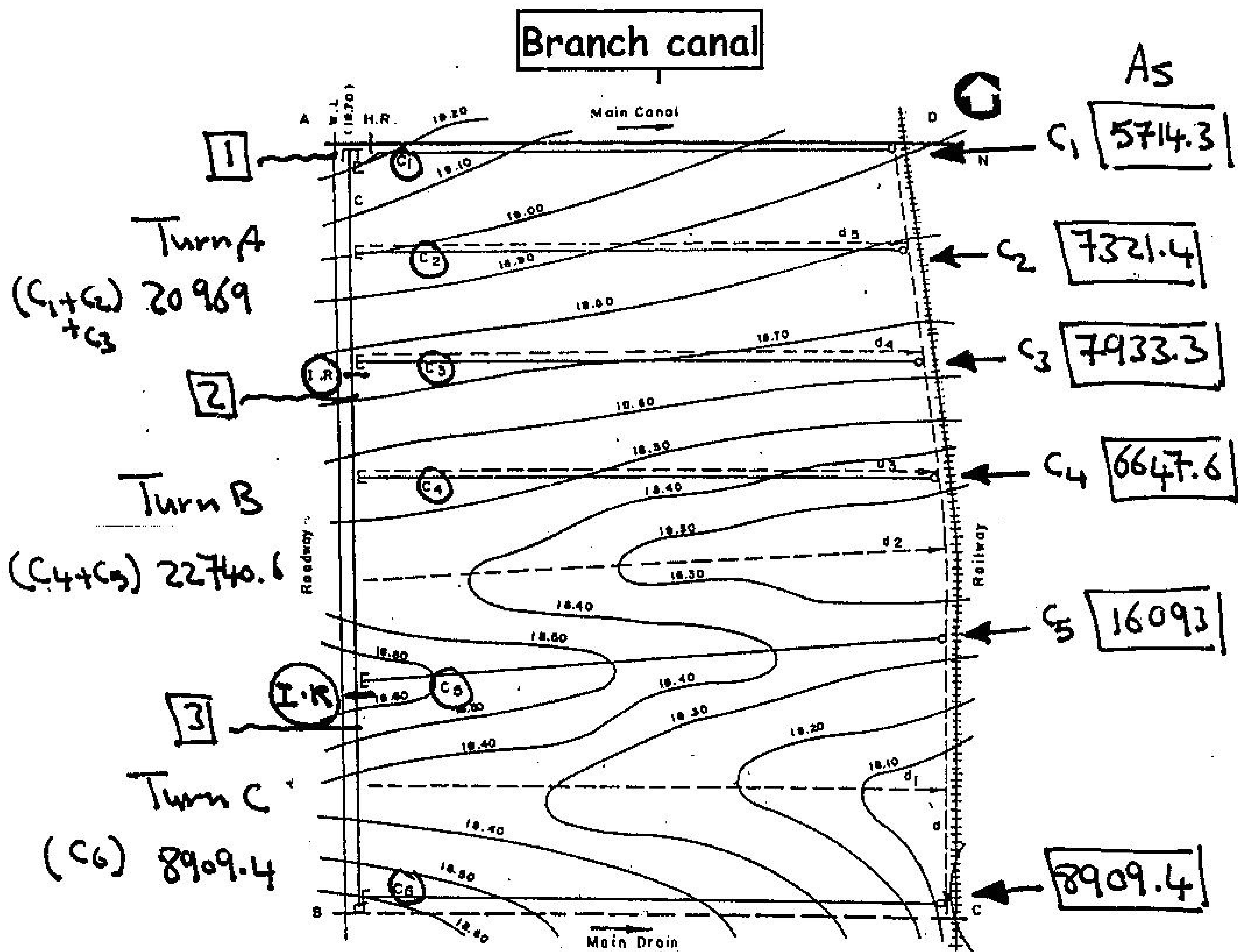
$$Q1= \frac{63.44 \times 5714.3}{24 \times 60 \times 60} = 4.2 \ m^3/sec$$

$$Q2= \frac{63.44 \times 4571.5}{24 \times 60 \times 60} = 3.35 \ m^3/sec$$

$$Q3= \frac{63.44 \times 3428.6}{24 \times 60 \times 60} = 2.52 \ m^3/sec$$



(1)




compensation factor = 40% from previous turn of rotation

| Sec. | Area served | | | Area served + compansation | | | Design area served |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A_{turn}$ | $B_{turn}$ | $C_{turn}$ | A+ 0.4C | B + 0.4A | C + 0.4B | |
| $S_1$ | 20969 | 22740.6 | 8909.4 | 24532.8 | 31128.2 | 18005.6 | 31128.2 |
| $S_2$ | ____ | 22740.6 | 8909.4 | 3563.8 | 22740.6 | 18005.6 | 22740.6 |
| $S_3$ | ____ | ____ | 8909.4 | 3563.8 | ____ | 8909.4 | 8909.4 |



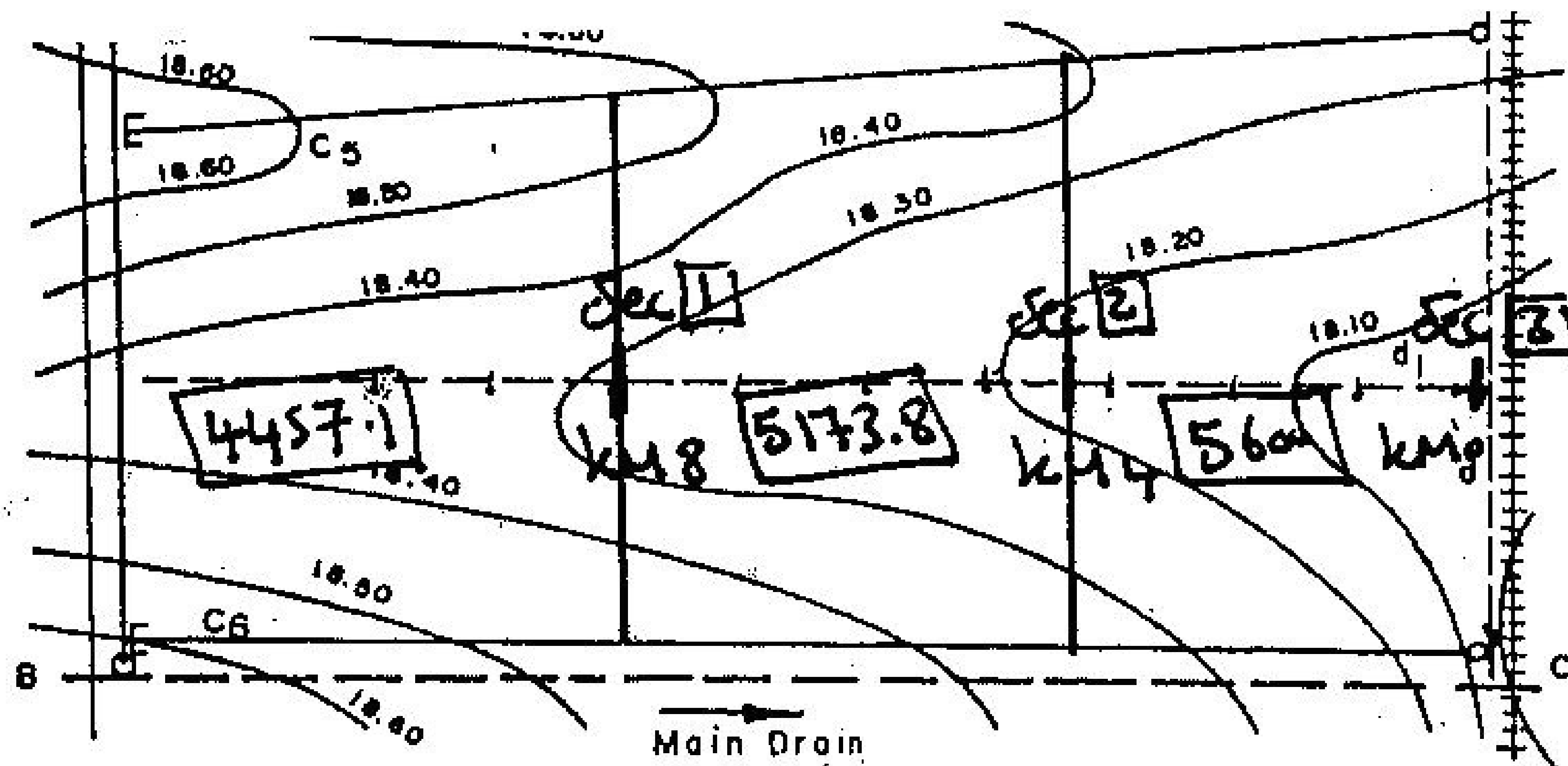
2

$$(Q)_{b.c} = \frac{(W.D)_{b.c} * \text{Design area served}}{24*60*60} \quad m^3/sec$$

$$Q1 = \frac{23.26 \times 31128.2}{24 \times 60 \times 60} = 8.4\ m^3/sec$$

$$Q2 = \frac{23.26 \times 22740.6}{24 \times 60 \times 60} = 6.1\ m^3/sec$$

$$Q3 = \frac{23.26 \times 8909.4}{24 \times 60 \times 60} = 2.4\ m^3/sec$$




<u>For small branch drains</u> **Area served = $A_s$ upstream section**

بالنسبة للمصارف المساحة المخدومة تساوي المساحة قبل القطاع

## <u>Small Branch Drain D1:</u>

**As 1 = 4457.1 f**

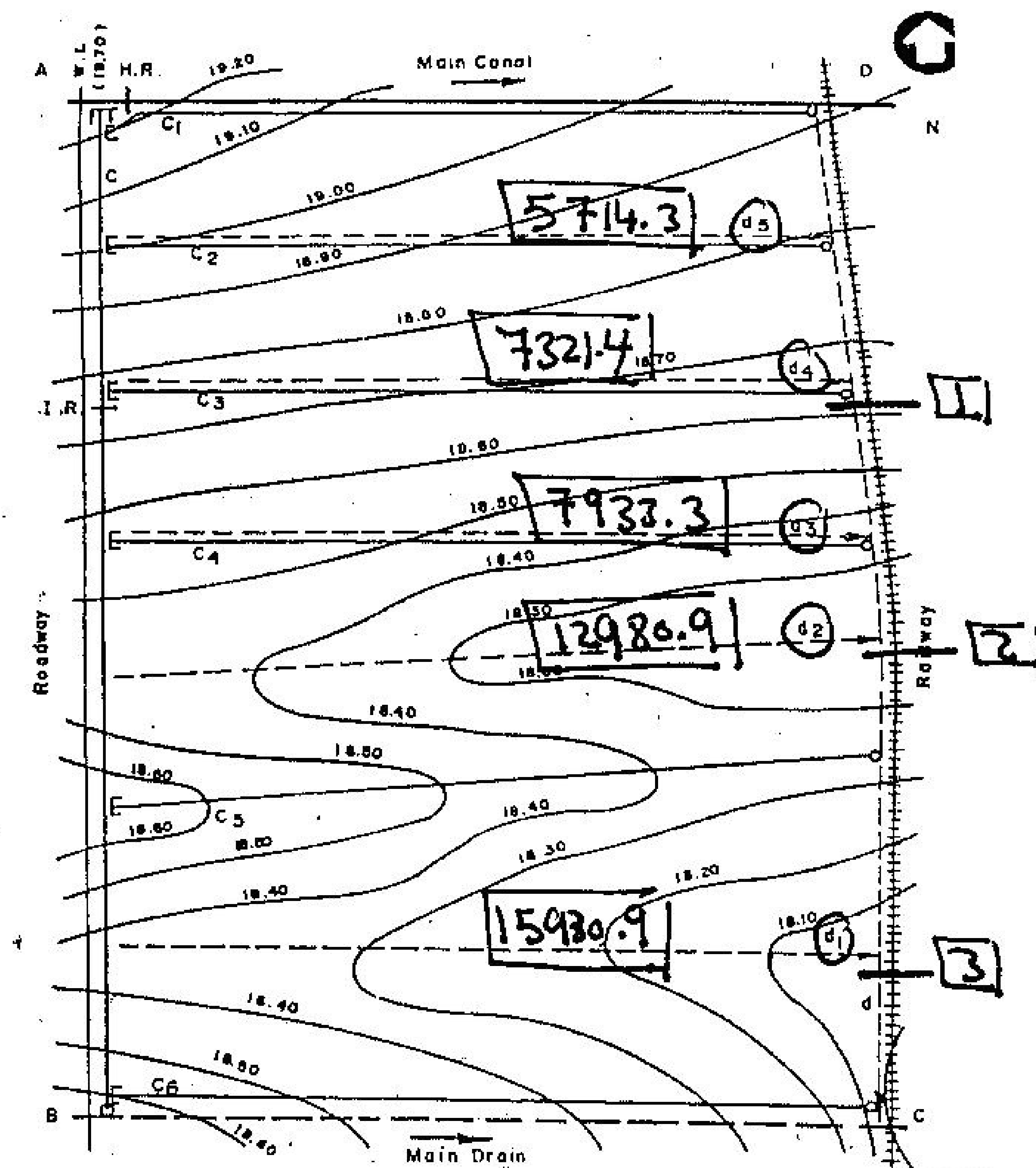
**As 2 = 9630.9 f**

**As 3 = 15230.9 f**



3

**For branch drain** Area served = $\sum A_s$ of small branch drains upstream section




**As 1 =5714.3+7321.4=13035.7 f**

**As 2 =13035.7+7933.3+12980.9=33949.9 f**

**As 3 =33949.9+15930.9=49880.8 f**

## Discharge of drains

$$(Q)_{drain} = \frac{\text{Area served} * \text{Drain water duty}}{24*60*60} \quad m^3/sec$$

Drain water duty ثابت لأي مصرف

| Drain water duty = Drainage factor (40%)* F.W.D |
|---|

Drain water duty = 0.4 * 57.67=23.1 $m^3$ / fed / day

### Small Branch Drain D1:

$$Q1 = \frac{23.1 \times 4457.1}{24 \times 60 \times 60} = 1.2 \ m^3/sec$$

$$Q2 = \frac{23.1 \times 9630.9}{24 \times 60 \times 60} = 2.6 \ m^3/sec$$

$$Q3 = \frac{23.1 \times 15230.9}{24 \times 60 \times 60} = 4.1 \ m^3/sec$$

---

### For Branch drain

$$Q1 = \frac{23.1 \times 13035.7}{24 \times 60 \times 60} = 3.5 \ m^3/sec$$

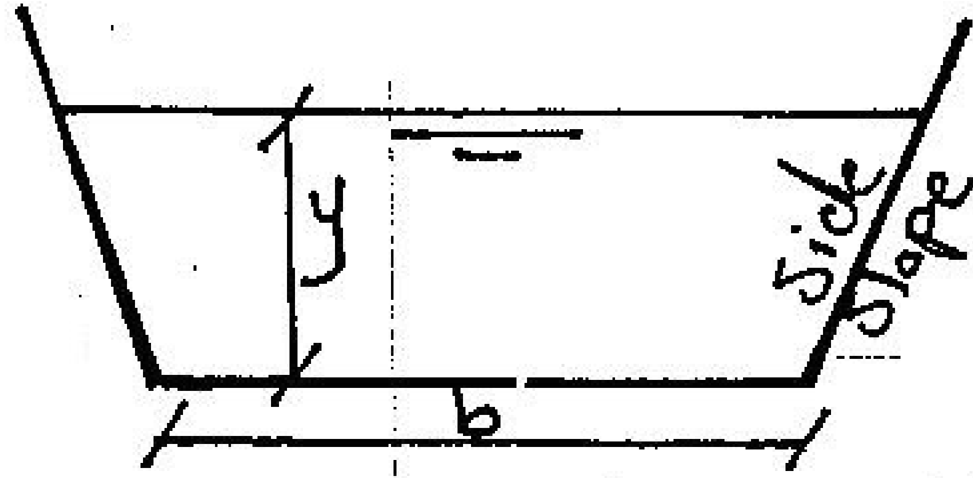
---

# تصميم قنوات الري

# Design of irrigation channels

## Design of section :تصميم القطاع

تصميم قطاع المجرى المائي "ترعة أو مصرف" هو إيجاد الأبعاد الأساسية للقطاع المائي وهي :




1- عرض قاع المجرى Bed width = "b"

2- عمق المياه Water depth = "y"

3- ميل الجوانب Side slope

4- ميل القاع : انحدار القاع في الاتجاه الطولي Bed slope "S"

5- سرعة تدفق المياه Velocity of flow "V"

وهذه السرعة يجب اختيارها بحيث تجعل هذا القطاع "stable section" .

$$V = 0.3 \text{ m/sec} \rightarrow 0.9 \text{ m/sec}$$

**Stable section** : هو القطاع الذي لا يحدث به نحر "Scouring" ،ولا ترسيب "إطمـاء "Silting".

---

أهم المعادلات المستخدمة في تصميم المجارى المائية المكشوفة

## 1- Chezy equation:

$$\boxed{V = C.R^{\frac{1}{2}}.S^{\frac{1}{2}}} \quad \text{m/sec}$$

C = Chezy coefficient.

R = hydraulic radius نصف القطر الهيدروليكي $= \frac{A}{P}$

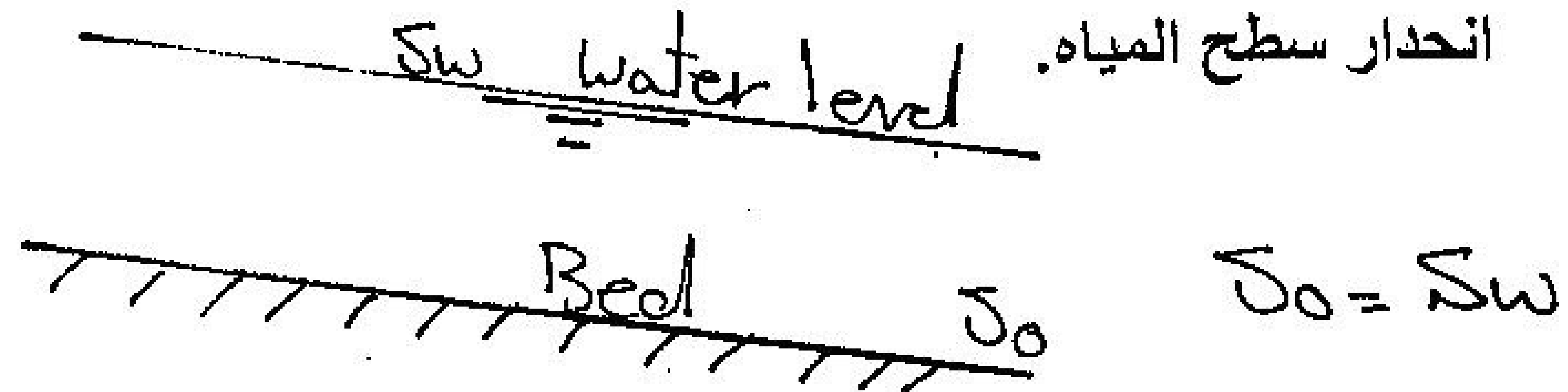
A= مساحة القطاع

P = wetted perimeter محيط القطاع الملاصق للمياه (المحيط المبتل)

S = bed slope cm/km

**For uniform flow :** **water slope = bed slope**

في حالة التدفق المنتظم يكون انحدار قاع الترعة في الاتجاه الطولي هو نفسه انحدار سطح المياه.




---

## 2- Manning equation:

$$V = \frac{1}{n}.R^{\frac{2}{3}}.S^{\frac{1}{2}} \quad \text{m/sec}$$

$$\because Q = A.V \Rightarrow Q = A.\frac{1}{n}.R^{\frac{2}{3}}.S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P} \Rightarrow Q = \frac{1}{n}.A.\frac{A^{\frac{2}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}}.S^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore Q = \frac{1}{n}.\frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}}.S^{\frac{1}{2}} \quad \text{m}^3\text{/sec}$$

**n = coefficient of roughness (manning coeff.)** **معامل مانِنج**

معامل يتوقف على درجة خشونة جوانب وقاع المجرى المائي.

---

**ملاحظة هامة:**

في معادلة Chezy وManning عند التعويض عن قيمة S cm/km

تضرب في $10^{-5}$ حتي تكون dimensionless

---

| Type of canal | $\frac{1}{n}$ |
|---|---|
| Drain | 33 |
| Regular earth canal | 40 |

ملحوظة:

إذا لم تُعطى قيمة $\frac{1}{n}$ نأخذها = 40 (n= 0.025)

## 3- Buckly equations:

### For non silting and non scouring canals

معادلات "بكلي" لتصميم الترع والمصارف الآمنة من النحر والترسيب.

أولاً: الترع

**For $y \le 1.62$ m :** $y = \frac{b(S+8)^2}{650}$

**For $y > 1.62$ m :** $y = 0.1\sqrt{b}\,(\frac{S}{2} + 4)$

ملاحظة هامة:

في معادلة **Buckly**

**If slope "S" = 8 cm/km**

تؤخذ كما هي $\therefore$ **S = 8**



8

## ثانيا: المصارف

**1- فى حالة المصارف الضحلة "Shallow" ذات الميل البسيط لسطح الماء:**

For $b \le 2m$ : $y = 0.96\, b$

For $b > 2m$ : $y = 1.5\ \sqrt[3]{b}$

**2- فى حالة المصارف العميقة "Deep" ذات الميل الشديد لسطح الماء:**

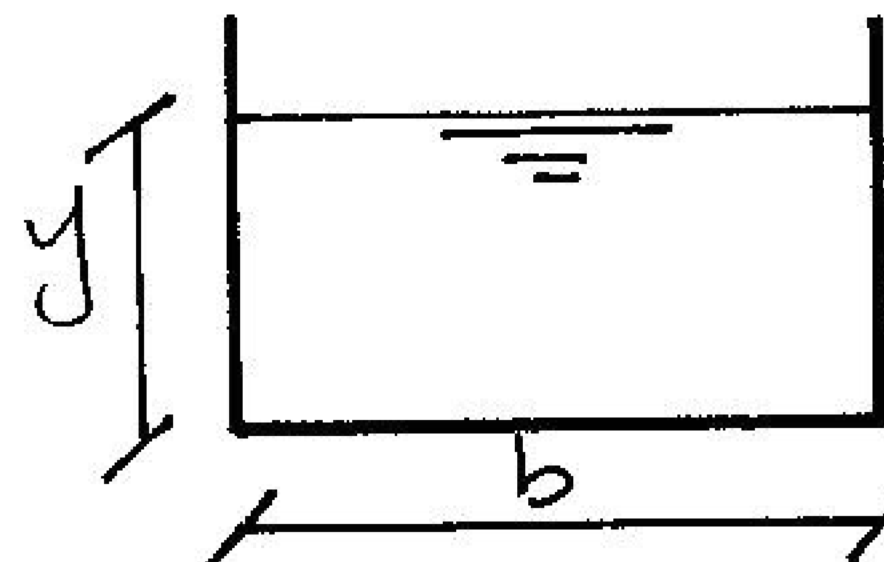
For $b \le 2m$ : $y = b$

For $b > 2m$ : $y = 1.75\ \sqrt[3]{b}$

**For rectangular section:**

$A = y\,.b$

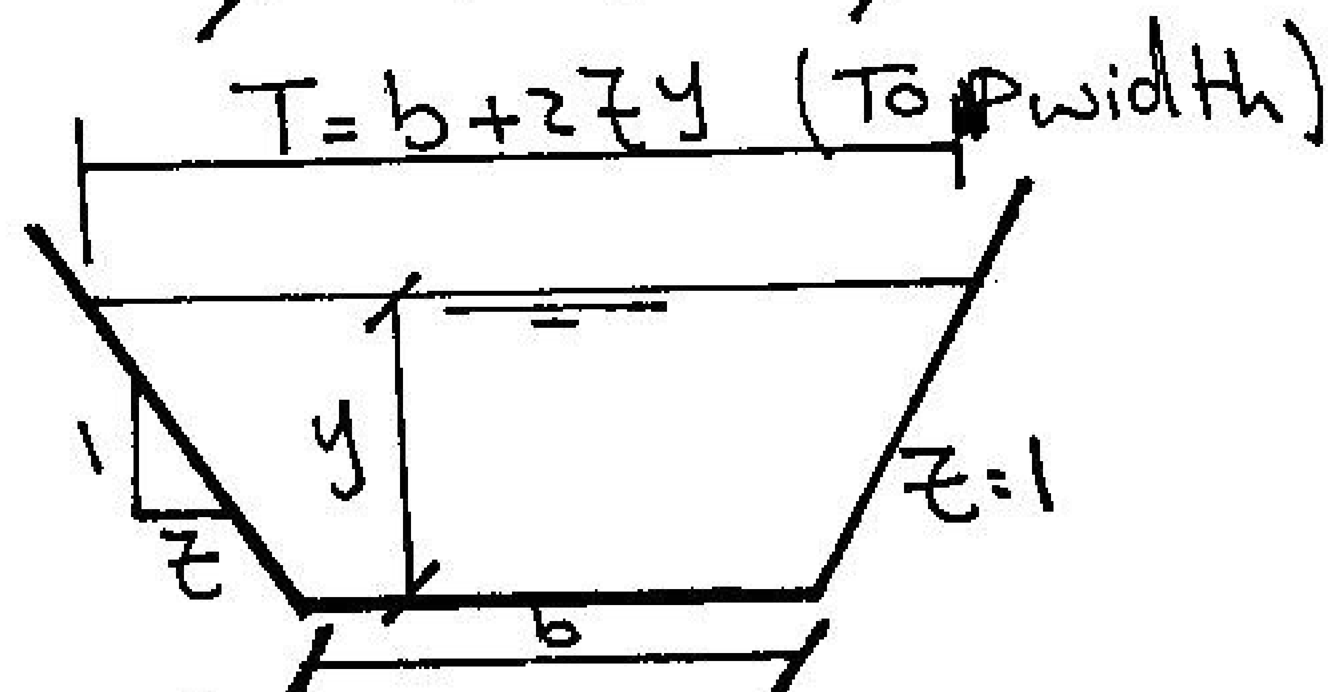
$p = b + 2y$




**For trapezoidal section:**

$A = y\,(b + zy)$

$p = b + 2y.\sqrt{1+z^2}$




وتعتمد قيمة Z على نوع التربة

16 – ٧٥

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 11 ري

## For Distribution canal C1

### Sec 1:

$Q=4.2\ m^3/sec$

$S=10\ cm/km$

$Z=1:1$ (clay)

$1/n = 40$ (For canal)

---

**Manning equation:**

$$\therefore Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \qquad m^3/sec$$

$$A = y\,(b + zy) = y.(b+1*y)$$

$$p = b + 2y.\sqrt{1+z^2} = b + 2\sqrt{1+1^2} = b + 2.82y$$

$$4.2 = 40\frac{[y.(b+y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+2.82y]^{\frac{2}{3}}}(10*10^{-5})^{0.5}$$

$$\frac{[y.(b+y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 10.5 \rightarrow 1$$

**Buckly equation:**

| |
|---|
| **For $y \le 1.62$ m :** $y = \dfrac{b(S+8)^2}{650}$ |

$$y = \frac{b(10+8)^2}{650}$$

$$y = 0.498\ b$$

$$b = 2.01\ y \rightarrow 2$$

From 2 in 1

$$\frac{[y.(2.01y + y)]^{\frac{5}{3}}}{[2.01y + 2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 10.5$$

$$\frac{[3.01y^2]^{\frac{5}{3}}}{[4.83y]^{\frac{2}{3}}} = 10.5$$

$$\frac{6.27y^{\frac{10}{3}}}{2.86y^{\frac{2}{3}}} = 10.5$$

$$y^{\frac{8}{3}} = 4.79$$

$$y = (4.79)^{\frac{3}{8}} = 1.79 > 1.62 \quad (X)$$

لذا الفرض اللي كان أساسه خطأ $y \le 1.62$



2

**Assume y > 1.62**

$$y = 0.1\sqrt{b}\,(\frac{S}{2} + 4)$$

$$y = 0.1\ \sqrt{b}(\frac{10}{2}\ + 4)$$

$$y = 0.9\ \sqrt{b}$$

$$y^2 = 0.81\ b$$

$$b = 1.23\ y^2$$

$$\frac{[y.(1.23y^2 + y)]^{\frac{5}{3}}}{[1.23y^2 + 2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 10.5$$

**By trials**

| y | 1.7 | 1.8 | 1.75 |
|---|---|---|---|
| R.H.S | 9.34 | 11.43 | 10.35 |

y= 1.75 m (✓)

$b = 1.23 * 1.75^2 = 3.77$ m

**take y = 1.75 m**

**b = 4.0 m**



(3)

**بعد الحصول علي أبعاد القطاع يتم تقريب عرض القطاع كالآتي:**

1- **$b > 1$ m**

2- **$1<b<2$m** يتم التقريب لأقرب 20 سم

$1\rightarrow 1.2\rightarrow 1.4\rightarrow 1.6\rightarrow 1.8\rightarrow 2.0$

3- **$2<b<5$m** يتم التقريب لأقرب 50 سم

$2.0\rightarrow 2.5\rightarrow 3.0\rightarrow 3.5\rightarrow 4.0\rightarrow 4.5$

4- **$b>5$m** يتم التقريب لأقرب 1 م

---

## Sec 2:

$Q=3.35\ m^3/sec$

$S=10$ cm/km

$Z=1:1$ (clay)

$1/n = 40$ (For canal)

---

**Manning equation:**

$$\therefore Q = \frac{1}{n}.\frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}}.S^{\frac{1}{2}} \qquad m^3/sec$$

$A = y(b + zy) = y.(b+1*y)$

$p = b + 2y.\sqrt{1+z^2} = b+2\sqrt{1+1^2} = b+2.82y$

$$3.35 = 40\frac{[y.(b+y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+2.82y]^{\frac{2}{3}}}(10*10^{-5})^{0.5}$$

$$\frac{[y.(b+y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 8.38 \rightarrow 1$$

**Buckly equation:**

**Assume y > 1.62**

$$\boxed{y = 0.1\sqrt{b}\,(\frac{S}{2}+4)}$$

$$y = 0.1\ \sqrt{b}(\frac{10}{2}+4)$$

$$y = 0.9\ \sqrt{b}$$

$$y^2 = 0.81\ b$$

$$\boxed{b = 1.23\ y^2}$$

$$\frac{[y.(1.23y^2+y)]^{\frac{5}{3}}}{[1.23y^2+2.82y]^{\frac{2}{3}}} = 8.38$$

**By trials**

| y | 1.7 | 1.65 |
|---|---|---|
| R.H.S | 9.34 | 8.41 |



(5)

y= 1.65 m (ب)

b= 1.23*1.65$^2$ =3.35 m

**take y = 1.65 m**

**b = 3.5 m**

## For Small Branch drain D1

### Sec 3:

Q=4.1 m$^3$/sec

S=15 cm/km

Z=3:2 (clay)

1/n = 33 (For drain)

**Manning equation:**

$$\therefore Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \qquad m^3/sec$$

$$A = y\,(b + zy) = y.(b+1.5*y)$$

$$p = b + 2y.\sqrt{1+z^2} = b + 2y.\sqrt{1+1.5^2} = b + 3.6y$$

$$4.1 = 33\frac{[y.(b+1.5*y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+3.6y]^{\frac{2}{3}}}(15*10^{-5})^{0.5}$$

$$\frac{[y.(b+1.5*y)]^{\frac{5}{3}}}{[b+3.6y]^{\frac{2}{3}}} = 10.14 \rightarrow 1$$

**Buckly equation:**

**Assume b > 2**

$$\boxed{y = 1.5\ \sqrt[3]{b}}$$

$$y^3 = 3.38\ b$$

$$b = 0.3\ y^3 \rightarrow 2$$

**From 2 in 1**

$$\frac{[y.(0.3y^3+1.5*y)]^{\frac{5}{3}}}{[0.3y^3+3.6y]^{\frac{2}{3}}} = 10.14$$

**By trials**

| y | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 1.95 | 1.93 |
|---|---|---|---|---|---|
| R.H.S | 14.09 | 11.68 | 9.62 | 10.61 | 10.2 |

y= 1.93 m

$b = 0.3*1.93^3 = 2.26\ m > 2$ (✓)

**take y = 1.93 m**

**b = 2.5 m**

**Check of velocity:**

$$v=\frac{Q}{A} \quad (0.3 \rightarrow 0.9 \ \ m/sec)$$

**Sec 1:**

$Q= 4.2\ m^3/sec$

$A = y\ (b + zy) = 1.75\ (4+1*1.75)=10.1\ m^2$

$$v=\frac{Q}{A}=\frac{4.2}{10.1}=0.42 \quad (0.3 \rightarrow 0.9 \ \ m/sec) \text{ safe}$$

| Canal | Sec 1 | | Sec 2 | | Sec 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | y | b | y | b | y | b |
| C1 | 1.75 | 4.0 | 1.65 | 3.5 | ✓ | ✓ |
| C2 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| C3 | | | | | | |
| C4 | | | | | | |
| C5 | | | | | | |

17

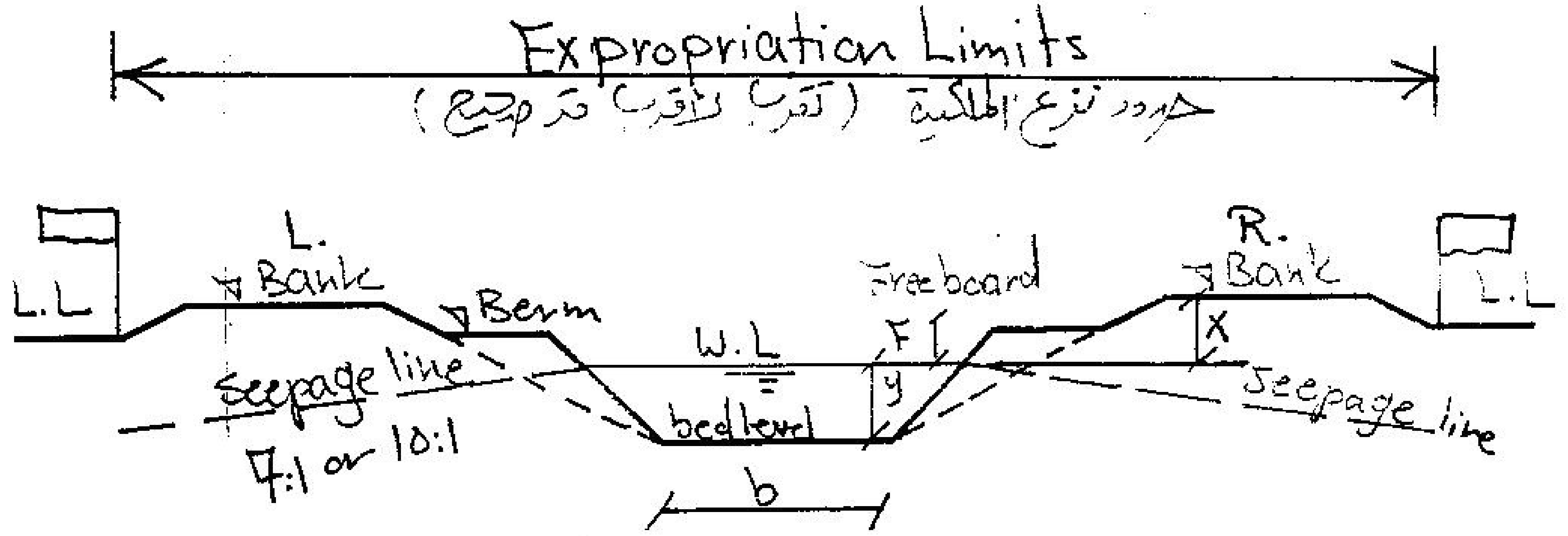
# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 12 ري

## Cross sections of canals and drains




### Typical cross section of canal

**Berm: المسطاح**

- هو المسافة الأفقية التي يتم تركها بين منسوب المياه وبداية ميل الطريق .

- منسوب المسطاح أعلي من منسوب المياه بمسافة لا تقل عن 25 cm .

**الغرض من وجود المسطاح:**

- تقوية الطريق وتقليل تأثير أحمال الطريق علي جوانب القطاع المائي.
- استخدامه في التطهير الميكانيكي للترع والمصارف.

---

**Bank: الجسر(الطريق)**

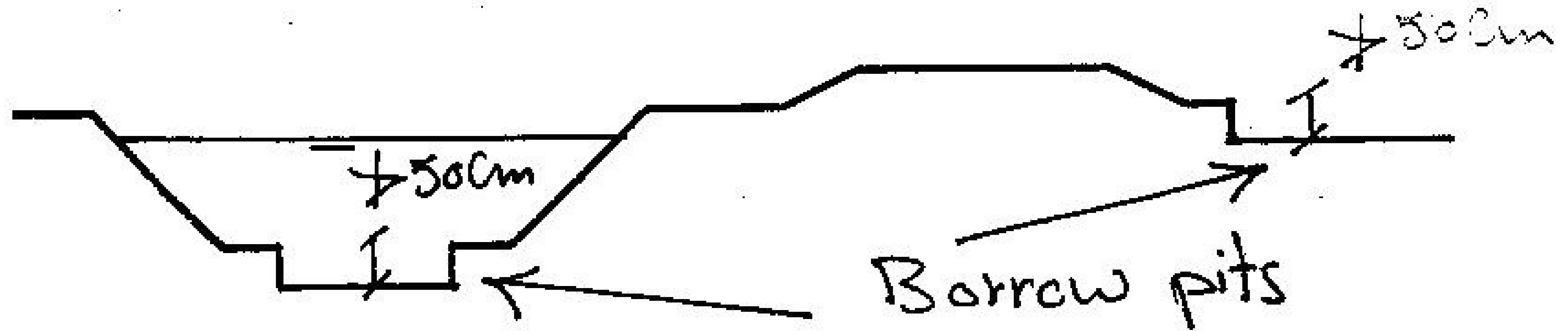
- يتراوح عرض الطريق بين 4-12 متر حسب درجته .
- ارتفاع الطريق فوق منسوب المياه في الترعة الفرعية و الرئيسية حوالي 1.5 متر.

- يفضل اختيار عرض الطريق وارتفاعه بحيث تكون كميات الحفر لتشكيل قطاع المجري المائي = كميات الردم اللازمة لتكوين الطريق.

---

## Borrow pits:

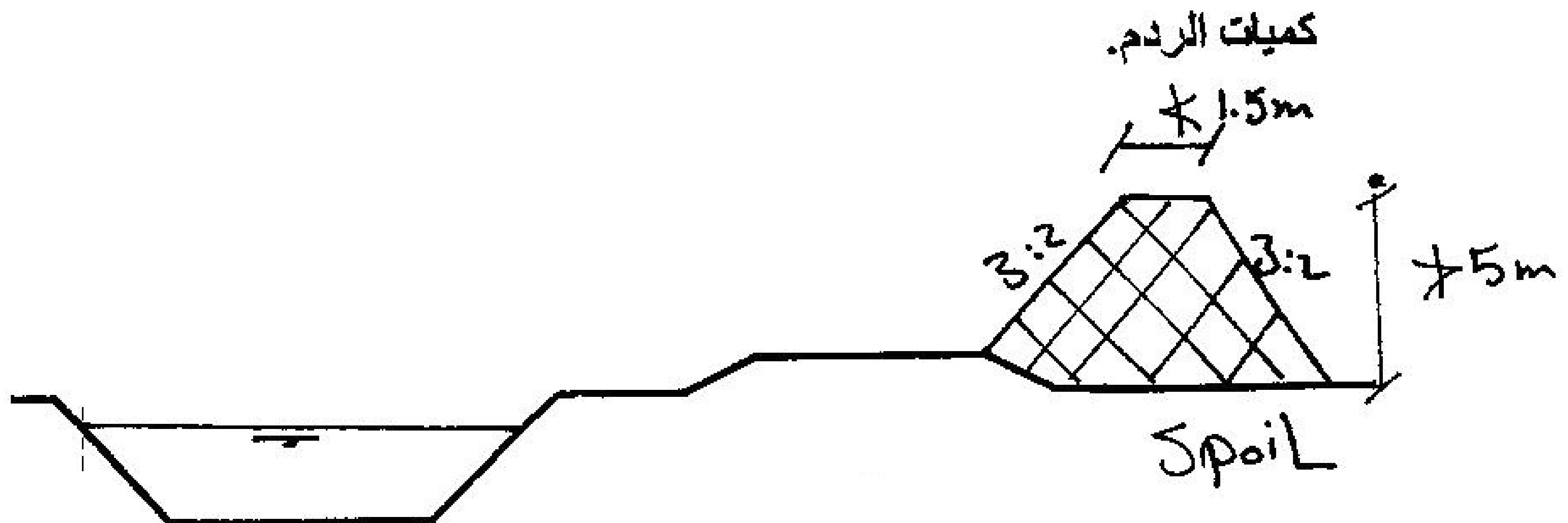
- هي كميات الحفر اللازمة لتكوين الجسور عندما تكون كميات الردم المطلوبة أكبر من كمية الحفر الناتجة من تشكيل قطاع القناة.




---

## Spoil:

- هو كمية الأتربة التي يتم تشوينها وتتولد عندما تكون كميات الحفر أكبر من كميات الردم.

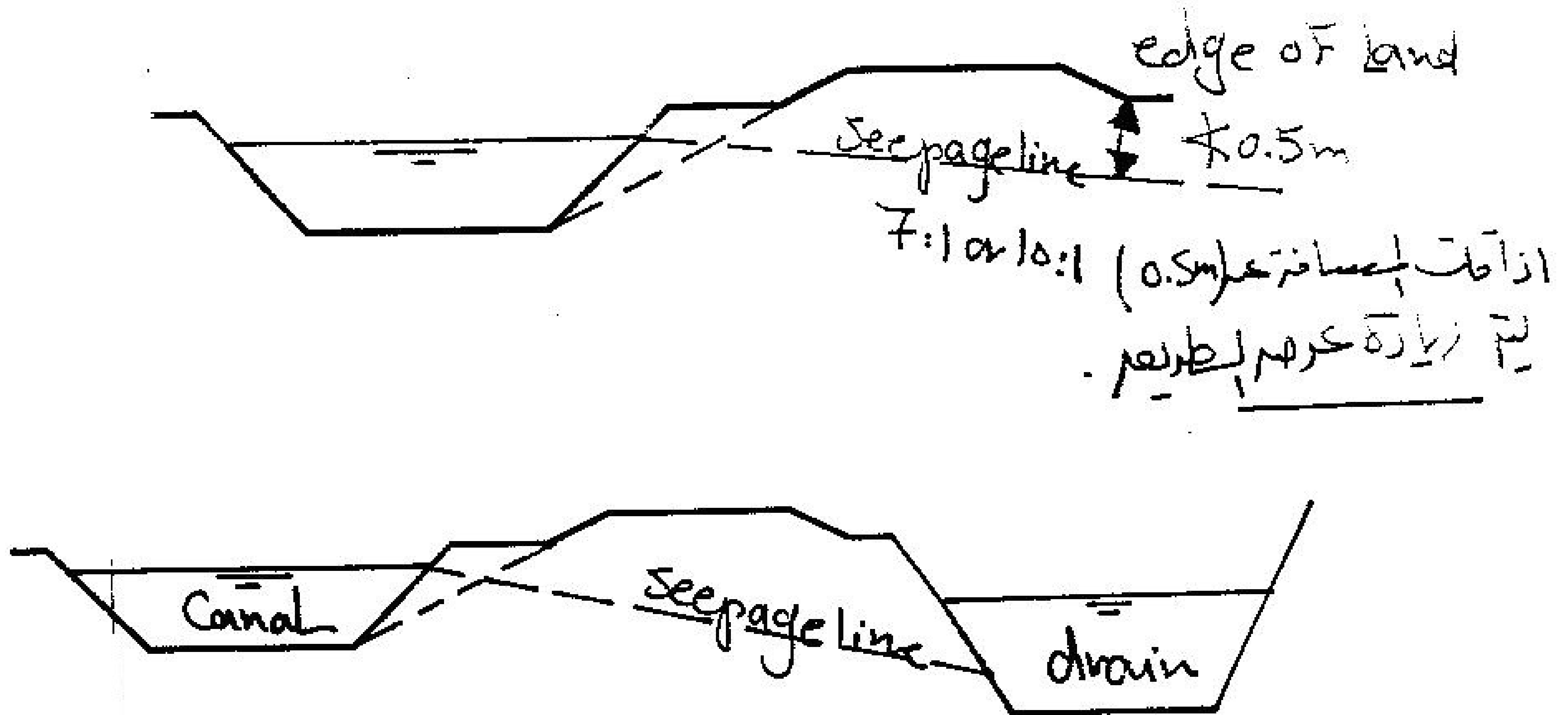



---

**Seepage line: ميل خط الرشح**

**Clay 7:1**

Sand 10:1




**لابد أن ينتهي خط الرشح تحت منسوب أقل مستوي مياه في المصرف.**

---

**لابد من تثبيت قطاع المصرف أو الترعة مسافة لا تقل عن 2 كم**

**عند تغيير القطاع يتم التغيير تدريجياً :**

- لتقليل عرض **القطاع** (لايقل الميل عن **50:1** )
- لتقليل ارتفاع **القاع** (لايقل الميل عن **100:1** )

غالباً ما يكون منسوب (**Berm** ) هو نفسه منسوب (**L.L** ).

Exp. limit 32.2 ≃ 33m

16.1 | 16.1

2 6 or 8 2 2.05 2.05 4m 2.05 2.05 2 6 2

$X_1$ $X_2$

Synoptic no

▽(20.20) 2:1 ▽(19.20) 2:1 ▽(18.90) 0.3 ▽(19.20) 2:1 ▽(20.20) 2:1

1:1 y 1.75m ▽(17.15) 1:1

1m فرق

0.5m Seepage line 7:1 Seepage line 7:1 0.5m

Clay

Cross Section of Distribution Canal ($C_1$)

At KM (0.00)

| حفر | ردم |
|---|---|
| Cut | Fill |
| 12.4 | 16 |

Scale 1:100 or 1:50

(ملاحظات)

Bed level = W.L − y

Berm level = W.L + Free board

Synoptic رسم

1 ميل (X₁) = فرق المنسوب بين * الميل (17.15 − 19.20) = 2.05

1 ميل (X₂) = عرض البسطة (Berm) = فرق المنسوب بين * فرق الميلين

(منسوب البسطة − منسوب القاع) * (ميل تحت − ميل بره)

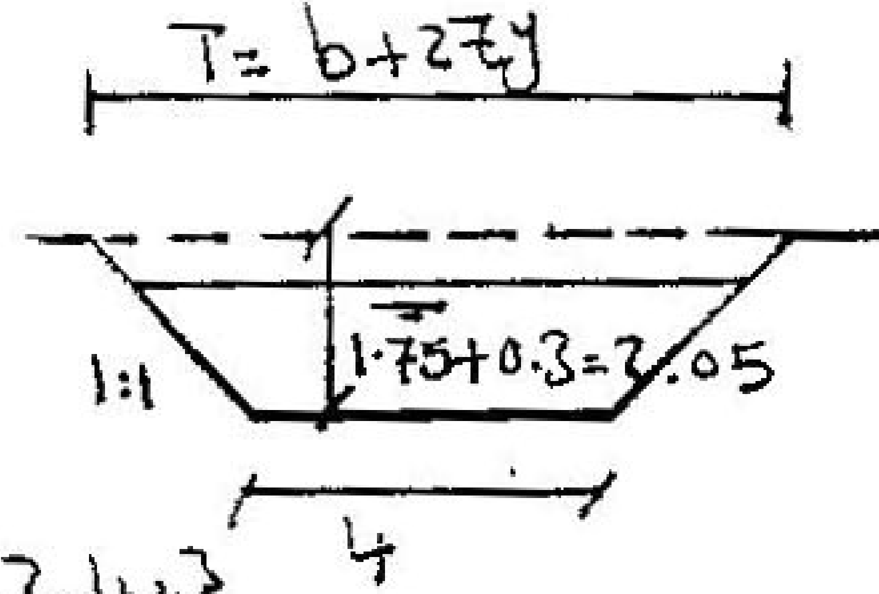
2.05 = (1 − 2) * (17.15 − 19.20)



(4)

**Cut الحفر**

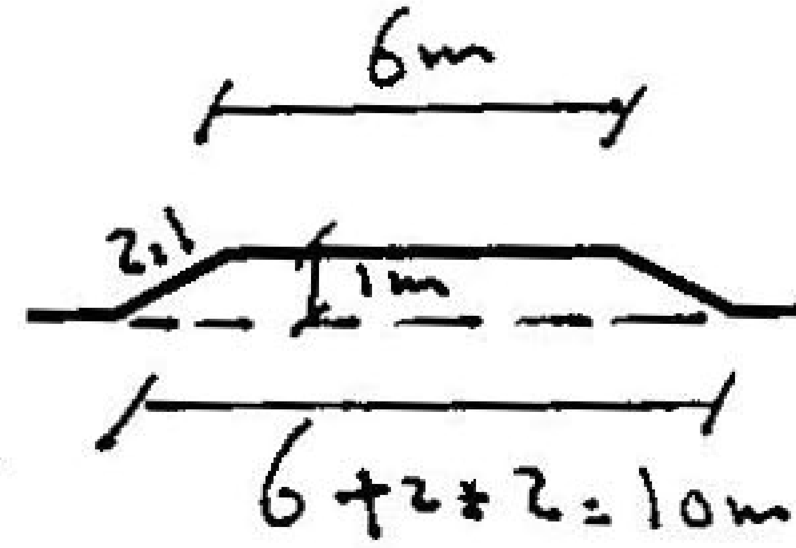
$T = 4 + 2 * 1 * 2.05 = 8.1 m$




$Cut = \left(\frac{8.1+4}{2}\right) * 2.05 * 1 = 12.4 m^3$

---

**Fill الردم**




$Fill = 2 * \left(\frac{6+10}{2}\right) * 1 * 1 = 16 m^3$

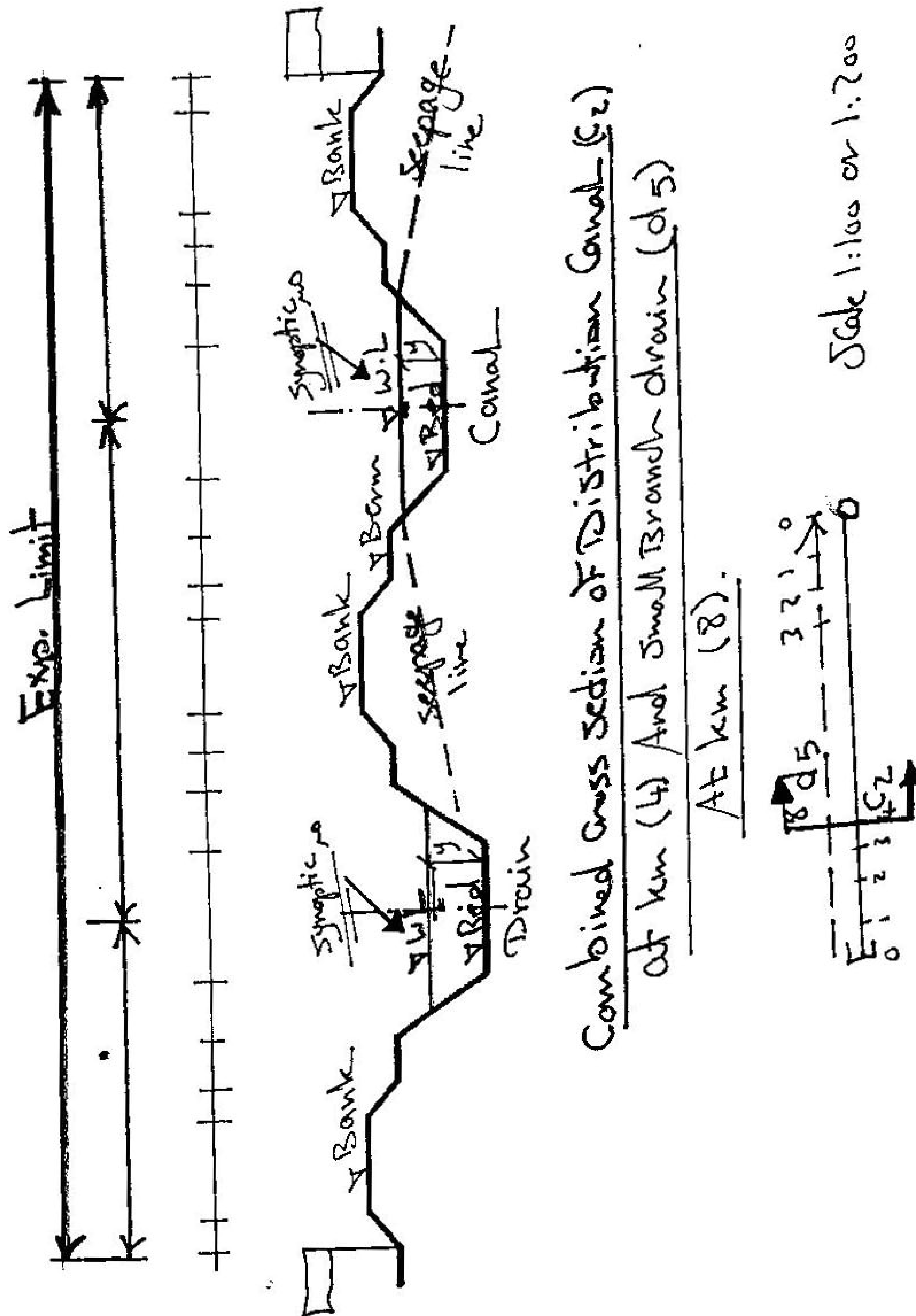
---

∴ كميات الردم أكبر من كميات الحفر.

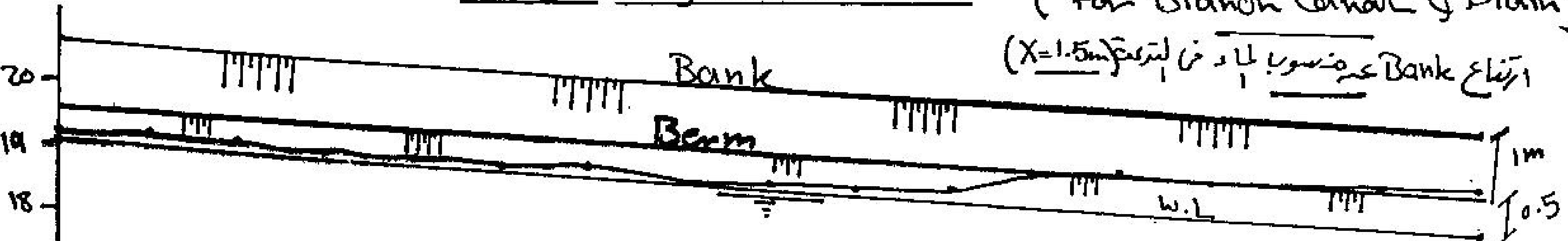


(5)

## Combined cross section



## قطاع طولي Longitudinal section (For Branch Canal & Drain)




| K.M | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | | 19.22 | 19.15 | 19.04 | 18.92 | 18.84 | 18.74 | 18.66 | 18.58 | 18.51 | 18.48 | 18.48 | 18.60 | 18.60 | 18.50 | 18.40 | 18.44 | 18.55 |
| W.L | | 19.12 | 19.04 | 18.96 | 18.88 | 18.80 | 18.72 | 18.64 | 18.56 | 18.48 | 18.40 | 18.32 | 18.24 | 18.16 | 18.08 | 18.00 | 17.92 | 17.84 |
| Section | | (1) | | | | | (2) | | | | | | | (3) | | | | |
| As (F) | | 31128.2 | | | | | 22740.6 | | | | | | | 8909.4 | | | | |
| Q (m³/s) | | 25.2 | | | | | 18.3 | | | | | | | 7.2 | | | | |
| Y (m) | | 3 (فرض) | | | | | 2.5 فرض | | | | | | | 2 فرض | | | | |
| Bed | Level | 16.12 | 16.04 | 15.96 | 15.88 | 15.80 | 16.22 | 16.14 | 16.06 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Width | (b) محسابات | | | | | ✓ | | | | | | | ✓ | | | | |
| | Slope | 8 cm/km | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R.Bank | Level | 20.62 | 20.54 | 20.46 | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | | | | |
| | Width | 8m | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Slope | 8cm/km | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L.Bank | Level | 20.62 | 20.54 | 20.46 | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | | | | |
| | Width | 8 or 10m | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Slope | 8cm/km | | | | | | | | | | | | | | | | |

For Branch Canal

22

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 13 ري

# Chapter (6)
# Farm Irrigation systems
# أساليب ري الحقول

توجد أربعة طرق أساسية للري :

1- الري السطحي Surface irrigation

2- الري تحت السطحي Sub-Surface irrigation

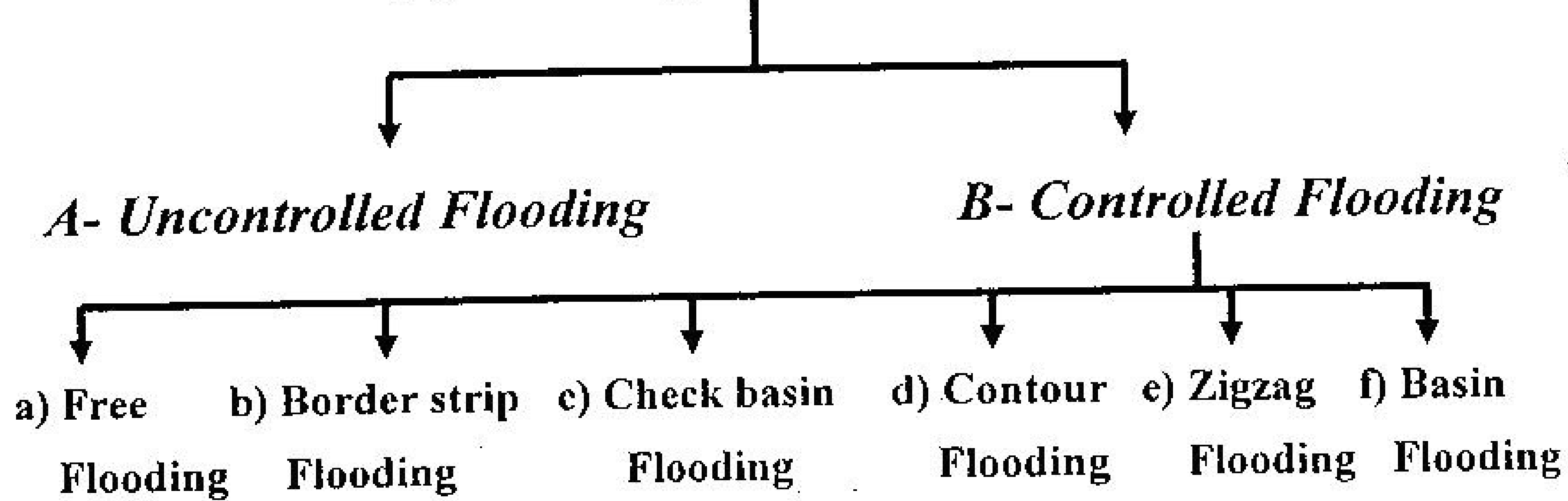
3- الري بالرش Sprinkler irrigation

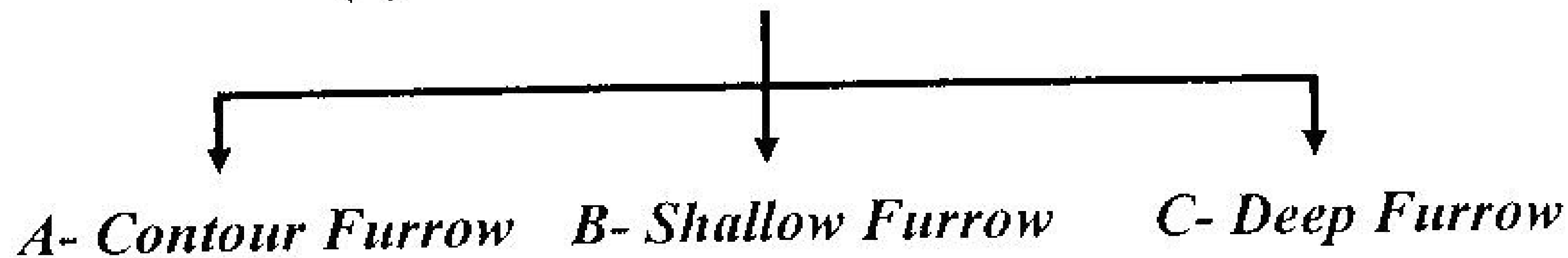
4- الري بالتنقيط Trickle irrigation

---

## أولاً : الري السطحي (Surface irrigation):

يعتبر أكثر طرق الري انتشارًا حيث يتم إضافة المياه إلى سطح الأرض لتغمرها وتنساب فوقها وذلك بعد أن يترشح جزء منها إلى باطن الأرض ، وينقسم الري السطحي إلى الأنواع الآتية :

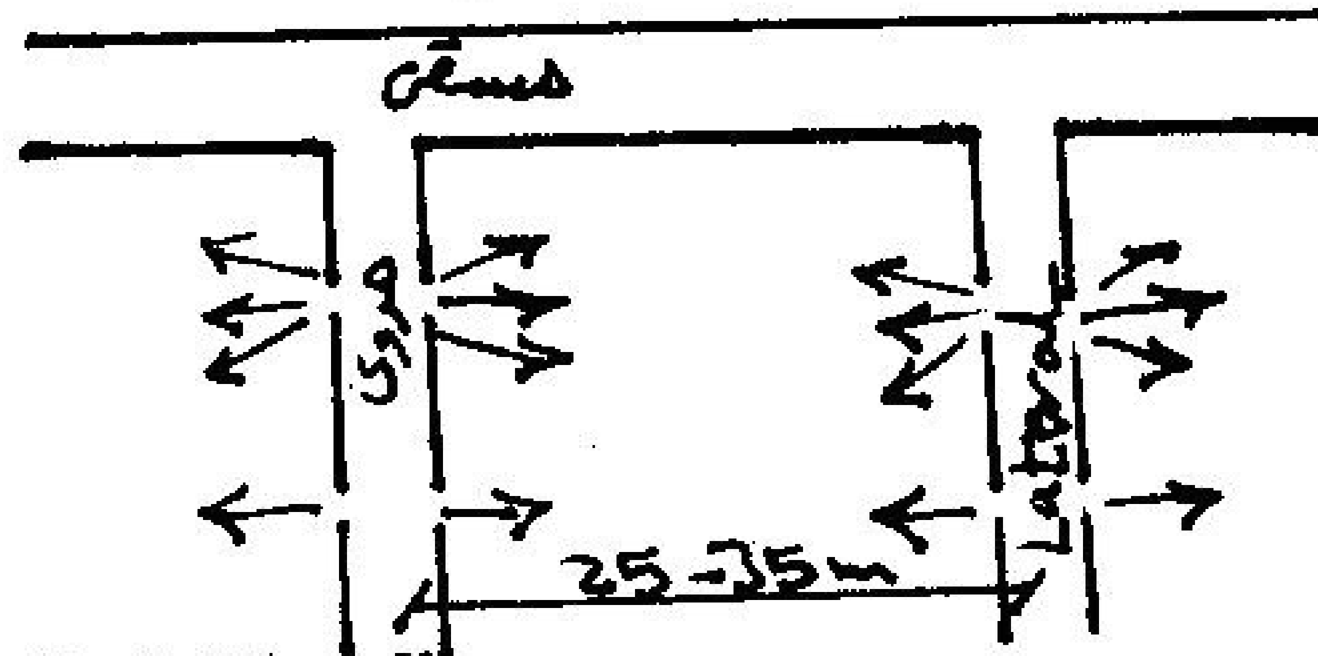


## (1) Flooding methods الري بالغمر :

### *A- Uncontrolled Flooding (Wild Flooding):* الغمر الحر

في هذه الطريقة يتم عمل مراوي جانبية (Laterals) في إتجاه انحدار الأرض وتكون متفرعة من مسقى الحقل (Field Ditch) حيث تتدفق المياه من هذه المراوي لتغمر الأرض من خلال فتحات متقاربة في جوانب تلك المراوي.




### *B- Controlled Flooding:*

حيث يتم التحكم في إعطاء المياه للتربة بأكثر من وسيلة كالآتي :

#### a) Free Flooding:

وهذه الطريقة شائعة عند وفرة مياه الري ورخص ثمنها وكذلك في حالة الأرض ذات ميل المتوسط حيث تقسم الأرض إلى أجزاء عرض كل جزء من 15م ← 60م ثم يتم توزيع المياه على الأرض من خلال مجرى مائي بحيث تروى الأجزاء المرتفعة أولاً ثم الأجزاء المنخفضة .

#### b) Border strip Flooding: غمر الشرائح الطولية

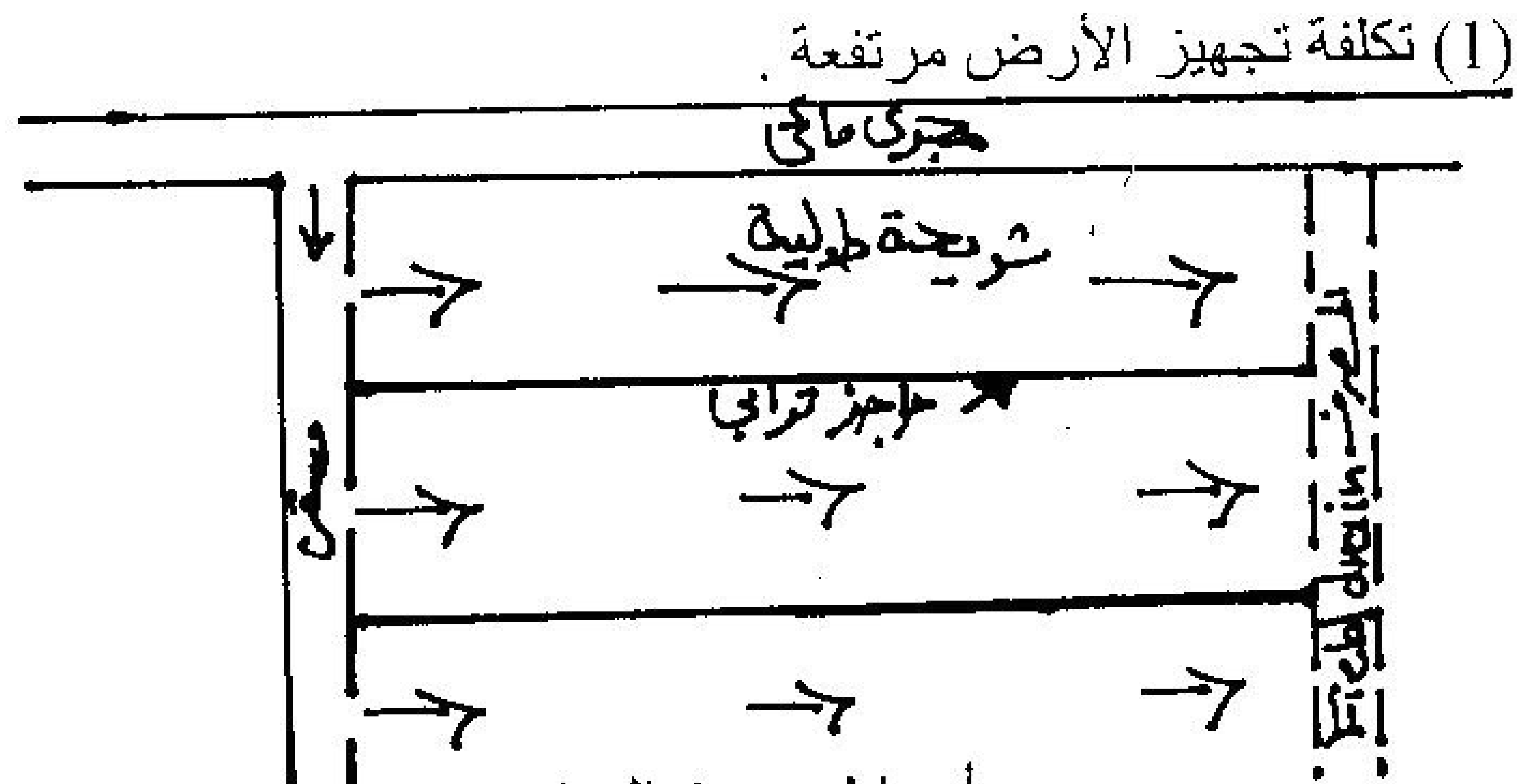
في هذه الطريقة تقسم الأرض إلى قطع طولية في إتجاه ميل الأرض بإستخدام حواجز ترابية منخفضة (ridges) عمودية على خطوط الكنتور والمسافة بينها من 3م ← 15م ، أما طول الشريحة فيتراوح من 40م 500م ، ويتم عمل ميل طولي للشريحة في حدود 0.05 ← 0.5%.

**مميزات تلك الطريقة :**

(1) تحتاج عمالة ووقت طويل. (2) كفاءة عالية في استخدام المياه .

عيوب تلك الطريقة :

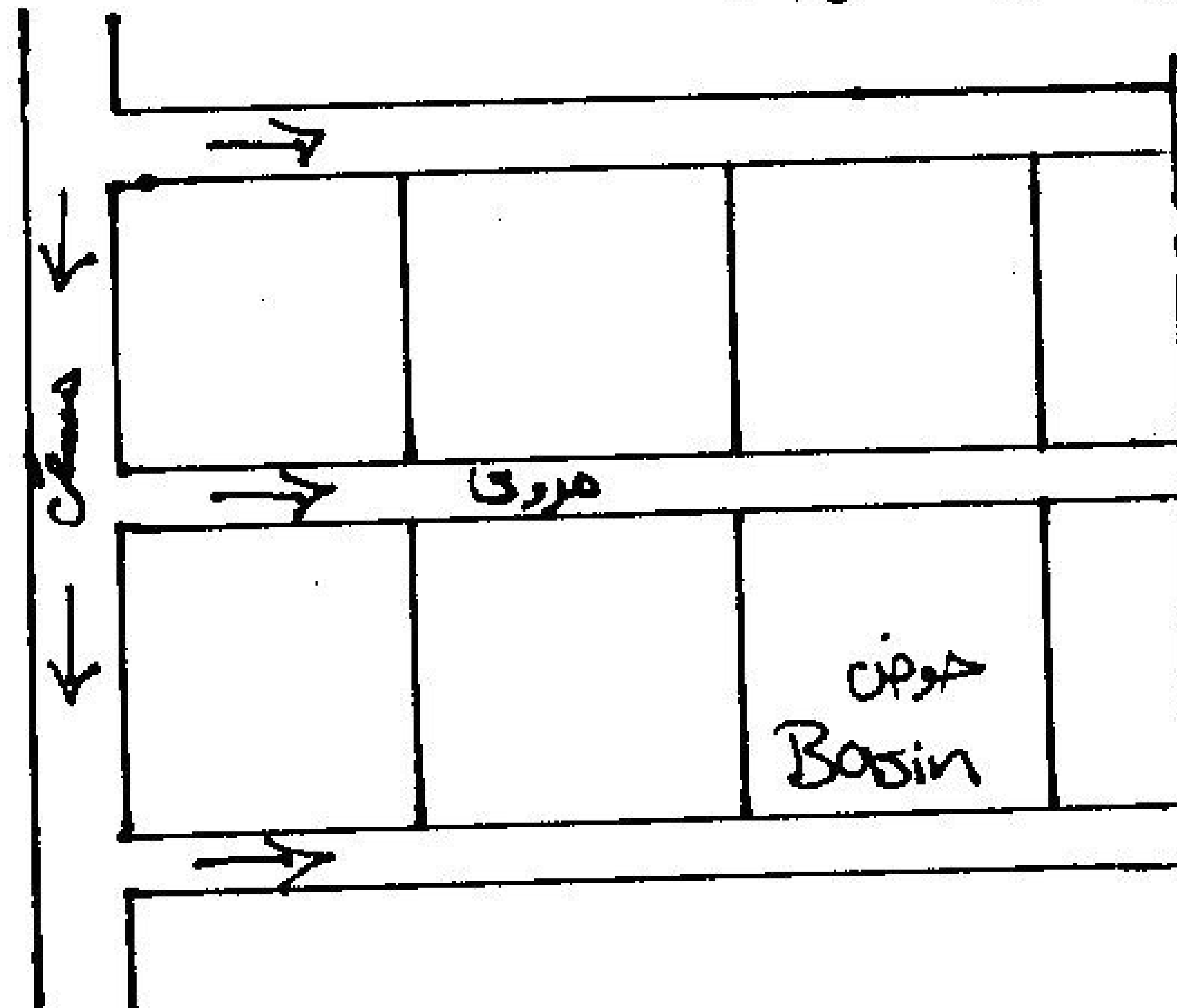
(1) تكلفة تجهيز الأرض مرتفعة .



### c) Check basin Flooding: أحواض حجز المياه

حيث يتم تقسيم الأرض إلى قطع مستطيلة أو مربعة أو غير منتظمة تتراوح أبعادها من (2*3m) إلى (30*30m) أو أكثر بإستخدام حواجز ترابية (levees) مرتفعة نسبيًا حوالي (25←30سم) في اتجاه خطوط الكنتور .

وتعتبر هذه الطريقة مناسبة بوجه خاص للتربة قليلة النفاذية ( impermeable soil) حيث تسمح للمياه بالبقاء فوق سطح التربة أطول فترة ممكنة إلى أن تتوغل المياه في التربة إلى العمق المطلوب .




**مميزات هذه الطريقة Advantages :**

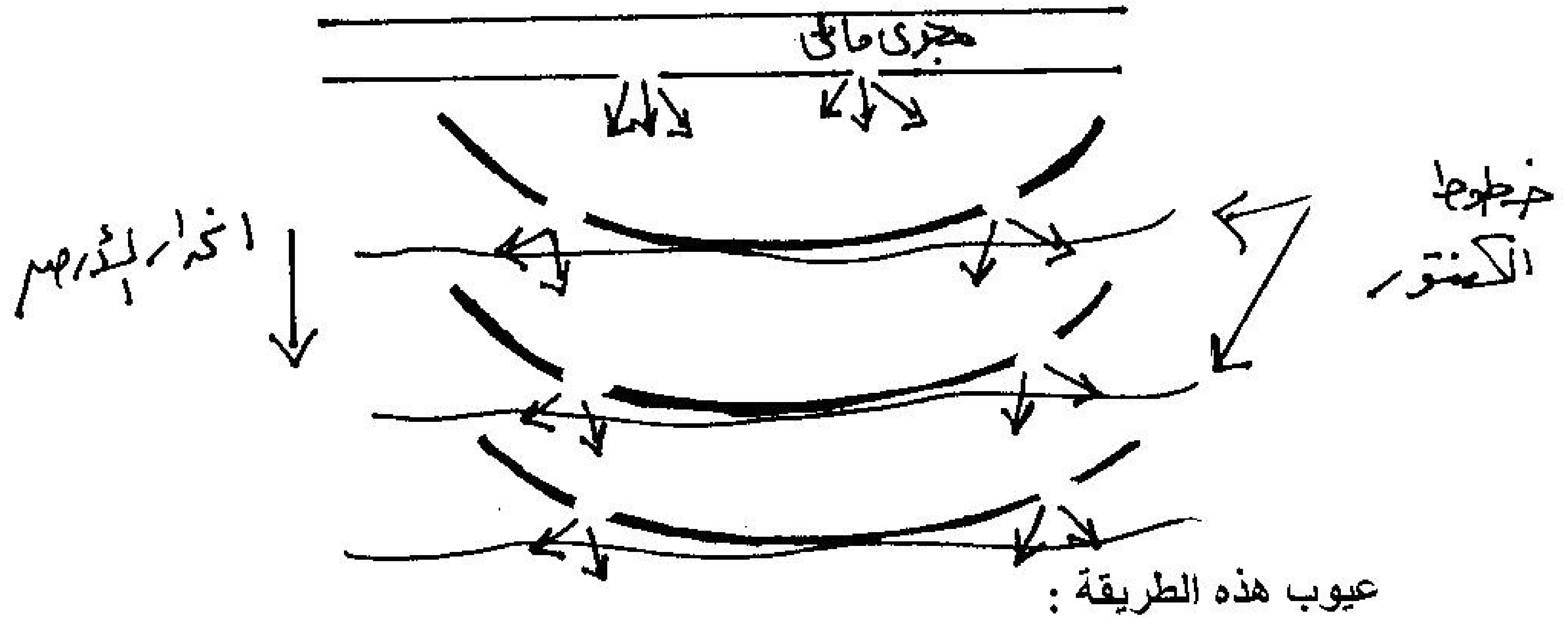
(1) كفاءة الري عالية. (2) تعمل على غسيل التربة من الأملاح. (3) لا تحتاج عمالة مدربة حيث لا توجد خطورة من احتمال جريان المياه في كل الجوانب.

عيوب هذه الطريقة Disadvantages :

(1) تحتاج عدد كبير من العمال. (2) مكلفة. (3) الحواجز تشكل عائق لاستعمال الميكنة.

## d) Contour Lateral Flooding: طريقة الحواجز الكنتورية

تعتبر أنسب طريقة لري الأراضي شديدة الإنحدار (steep slope) حيث يتم تقسيم الأرض بإستخدام عدد كبير من الحواجز الترابية الموازية لخطوط الكنتور وتتدفق المياه من فتحات عبر هذه الحواجز الترابية لري الأرض حيث يتم ري الأرض المرتفعة أولاً ومنها إلى الأقل ارتفاعًا .




عيوب هذه الطريقة :

(1) التكلفة الكبيرة. (2) تعتبر غير مناسبة إذا أمكن إستخدام طريقة أخرى كالري بالرش مثلاً .

## e) Zigzag Flooding:

هذه الطريقة مناسبة للأراضي المستوية نسبيًا ولكنها تعوق استخدام المعدات الزراعية .

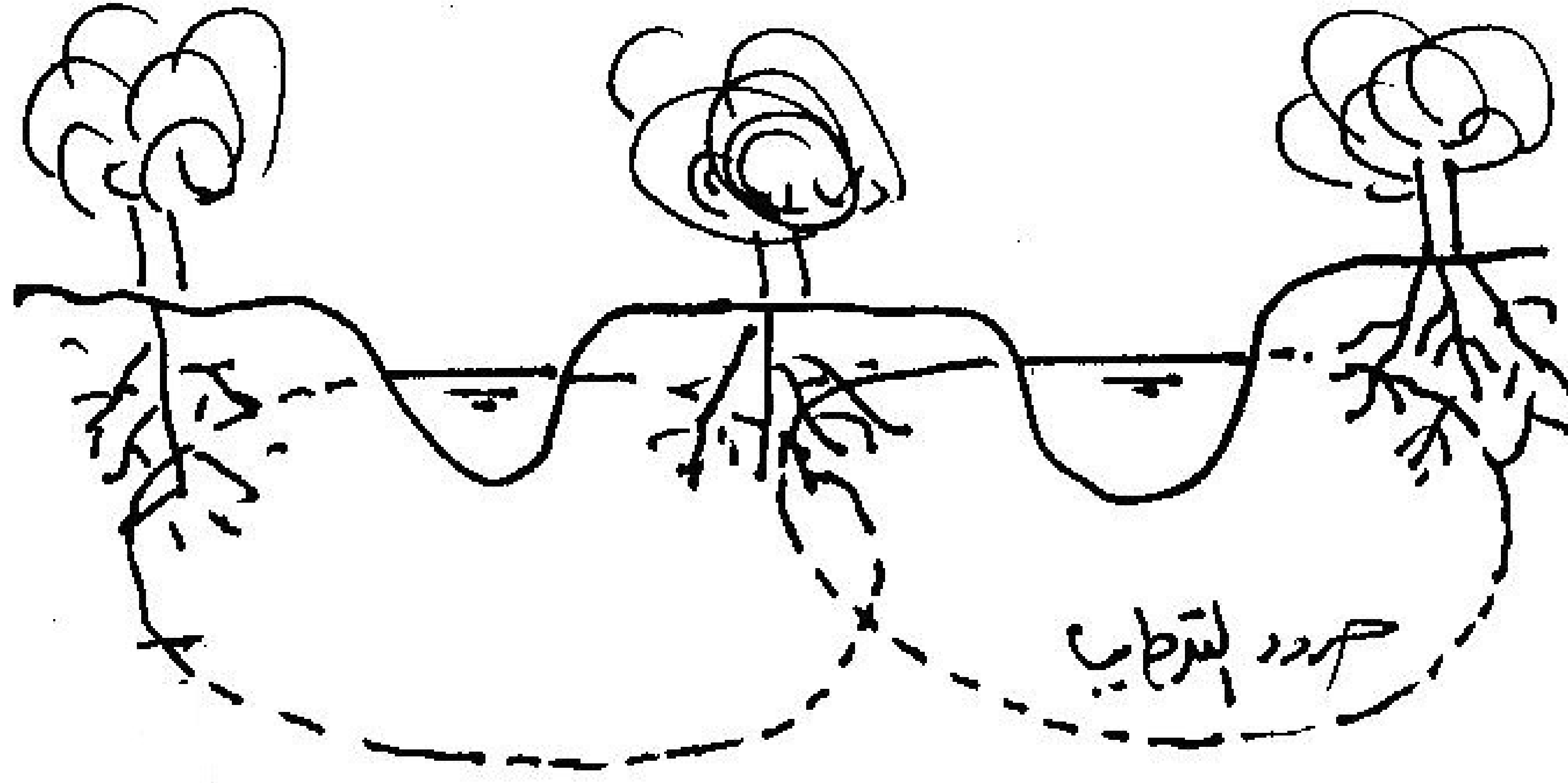
وفي هذه الطريقة يتم تقسيم الأرض إلى قطع مستطيلة أو مربعة الشكل وتقسم كل قطعة إلى قطع أصغر حيث تدخل المياه إلى الأرض من أعلى منطقة فيها وتتحرك في مسار دائري حتى تصل إلى أقل منطقة في الأرض .

**f) Ring Basin Flooding: طريقة غمر الأحواض**

هذه الطريقة مناسبة تمامًا لري الحدائق (orchards) وخاصة ذات الأرض الأفقية حيث تقسم الأرض إلى قطع "أو أحواض" مستطيلة أو مربعة وكل قطعة أو حوض تشتمل على شجرة أو أكثر ويتم غمر هذه الأحواض من فتحات على المراوي التي تشق في إتجاه عمودي على مستوى الحقل .

**(2) Furrow methods الري بين الخطوط :**

تستخدم هذه الطريقة للمحاصيل التي تزرع على خطوط مثل القطن وبعض أنواع الخضراوات وأشجار الفاكهة ، حيث يتم حفر قنوات ضحلة بين الخطوط بعمق 15 ← 20 سم وعرض 25 ← 30 سم من أعلى وميل 0.1 % في الإتجاه الطولي .




ويمكن حساب كمية المياه التي تتدفق في القناة من المعادلة الآتية :

$$Q = \frac{0.6}{Slope} \text{ ...... } lit/\sec$$

كما يمكن حساب سمك طبقة المياه اللازمة للري كل ساعة من المعادلة الآتية :

$$D = \frac{Q * 3600}{S * L} \text{ ...... } Cm/hour$$

Where: Q = Discharge …… lit/sec.

S = Furrow spacing … m المسافة بين الخطوط

L = Furrow length irrigated in one hour … m

**مميزات الري بين الخطوط :**

(1) فواقد المياه المتبخرة قليلة حيث يتم غمر حوالي خمس مساحة الأرض فقط بالمياه .

(2) الخطوط تعمل على تصريف المياه السطحية في حالة المياه الغزيرة .

(3) لتوفير مساحة الأرض المزروعة حيث لا يتم عمل مصارف حقلية (ditches) .

(4) كفاءة عالية في إستخدام المياه .

**عيوب الري بين الخطوط :**

(1) لا ينصح بإستخدام تلك الطريقة في التربة الخفيفة عالية المسامية حيث تتسرب المياه بسرعة إلى الأعماق قبل أن تصل إلى جذور النبات .

(2) طريقة غير إقتصادية بسبب العمالة المكلفة .

**ويمكن تقسيم الرى بين الخطوط إلى الأنواع الآتية :**

***A- Contour Furrow:***

ويناسب هذا النوع الأراضي شديدة الإنحدار حيث تنشأ الخطوط بمحاذاة خطوط الكنتور .

***B- Shallow Furrow (Corrugation Method):***

وفي هذه الطريقة تنحدر المياه في إتجاه ميل الأرض خلال قنُوات متماوجة (Corrugated) بين الخطوط عمقها حوالي 10 سم والمسافة بينها من 40 ← 75 سم .

وهذه الطريقة تكون مناسبة للتربة الناعمة والمتوسطة الخشونة ، وعمومًا كلما زادت خشونة التربة (أي زادت نفاذيتها) كلما قلت المسافة بين الخطوط .

### *C- Deep Furrow:*

في هذه الطريقة يكون عمق القنوات بين الخطوط من 15 ← 30سم والمسافة بينها من 1 ← 2م وهي تناسب الحدائق (orchards) وقصب السكر (Sugarcane).

---

## ثانيًا : الري تحت السطحي ( الباطني ) Subsurface irrigation

في هذا النوع من الري يتم المحافظة على منسوب سطح المياه الجوفية على عمق معين من سطح الأرض (من 30 ← 75 سم) للحفاظ على الدرجة المناسبة للرطوبة الأرضية في منطقة انتشار جذور النبات وذلك بإمرار المياه في قنوات حقلية (Field canals) أو حقليات (Laterals) مدفونة تحت سطح الأرض .

**متطلبات إنشاء نظام ري تحت سطحي :**

1- وجود طبقة منفذ للمياه تحت سطح التربة مباشرة حتى تسمح بحرية حركة سريعة للمياه في الإتجاه الأفقي والرأسي .

2- وجود طبقة غير منفذة للمياه على عمق 2 ← 3 م تحت سطح الأرض لمنع الهروب السريع للمياه إلى الطبقات العميقة .

3- أن تكون الأرض مستوية أو ذات ميل خفيف .

4- أن تكون المياه المستخدمة في الري من النوع الجيد حتى لا تتسبب في تكون أملاح بالتربة .

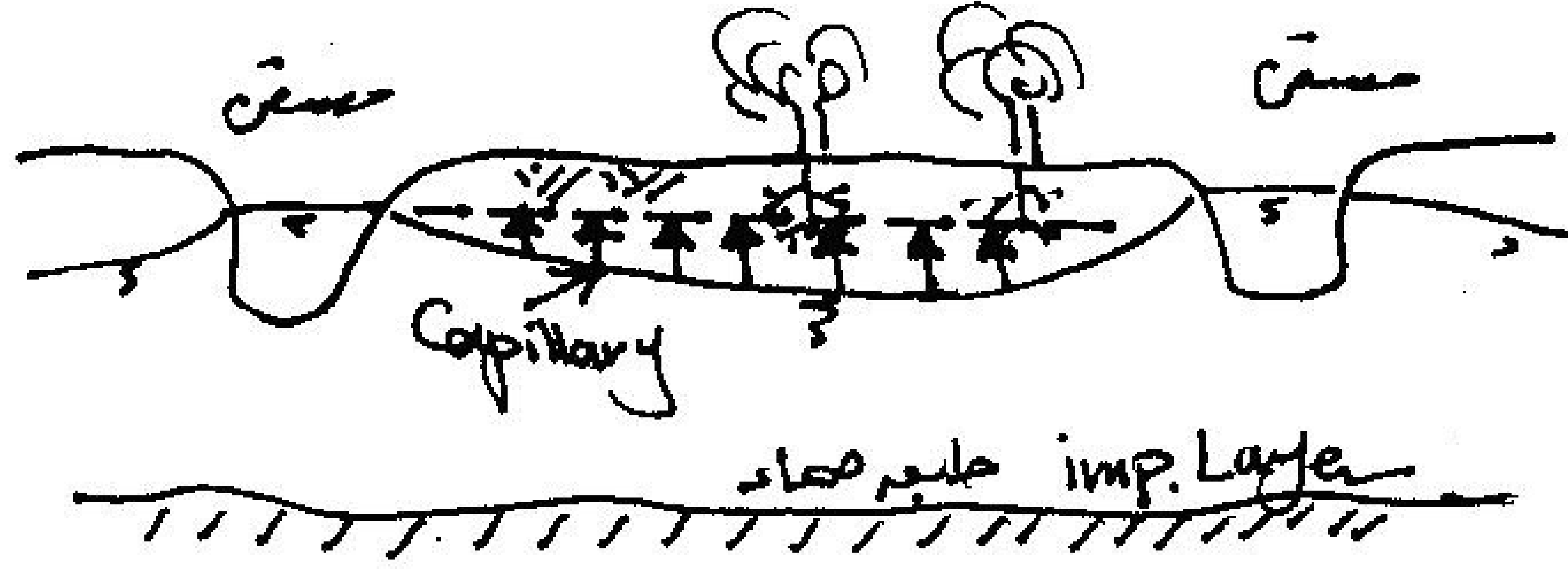
5- أن يكون منسوب الماء الجوفي في الأرض على بعد 2 ← 3 م تحت سطح الأرض .

6- التخطيط الجيد لشبكة الري تحت السطحي لضمان المحافظة على منسوب سطح الماء الجوفي بشكل منتظم تحت سطح التربة في الأرض كلها .

**وينقسم الري تحت السطحي إلى طبيعي وصناعي :**

**(1) الري تحت السطحي الطبيعي : Natural subsurface irrigation**

حيث يتم تغذية الخزان الجوفي بإستمرار عن طريق رشح المياه من قنوات مائية ، وهذه الطريقة مناسبة في حالة الأراضي المنخفضة حيث منسوب سطح الماء الجوفي مرتفع وقريب من منطقة الجذور.




**(2) الري تحت السطحي الصناعي : Artificial subsurface irrigation**

حيث يتم وضع شبكة من المواسير المثقبة على عمق حوالي 40 ← 50 سم تحت سطح الأرض تسير فيها المياه تحت ضغط مناسب والمسافة بين كل ماسورة وأخرى من 1 ← 2 م وتتسرب المياه خلال الثقوب إلى التربة .

وعلى الرغم من أن هذه الطريقة توفر في مساحة الأرض الزراعية التي كانت تستخدم في عمل المساقي ، كما أنها ذات كفاءة كبيرة في الري إلا أنها مكلفة جدًا كما أنها تحتاج إلى صيانة مستمرة حتى لا تتعرض المواسير للإنسداد .

**مميزات هذه الطريقة Advantages :**

1- التوفير في كميات المياه المستخدمة.

2- فواقد المياه المتبخرة قليلة.

3- زيادة انتاجية المحاصيل.

4- لتوفير مساحة الأرض.

5- سهولة حركة المعدات والماكينات علي سطح الأرض.

6- سهولة القيام بالعمليات الزراعية في اي وقت وعدم الانتظار لنهاية فترة الري.

**عيوب هذه الطريقة Disadvantages :**

1- لا تصلح هذه الطريقة لجميع انواع الأراضي ولذلك يجب دراسة الأرض جيداً قبل تنفيذ هذه الطريقة.

2- توجد احتمالية حدوث تطبيل للأرض (Water logging).

3- تحتاج إلى صيانة مستمرة حتى لا تتعرض المواسير للإنسداد.

4- التكلفة عالية.

23

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 14 ري

# Chapter (7)
# Sprinkler Irrigation
# الري بالرش

نظام الري بالرش مستمد من فكرة الري الطبيعي علي الأمطار وهو مبني علي أساس تساقط المياه من الرشاشات علي صورة رذاذ علي الأرض وذلك بأقل فاقد ممكن عن طريق التسرب أو الجريان السطحي .

## مدى صلاحية نظام الري بالرش : Adaptability of sprinkler irrigation

1- يصلح نظام الري بالرش لمعظم أنواع المحاصيل باستثناء محصول الأرز.

2- يصلح لمعظم أنواع التربة الزراعية وذلك لتعدد أنواع الرشاشات وتصرفاتها.

3- يصلح لجميع الأراضي المختلفة التضاريس بدون الحاجة لعمل تسوية للأرض.

4- يصلح لمعظم الظروف المناخية باستثناء الأماكن التي تتعرض لرياح شديدة و درجات حرارة عالية.

## مميزات الري بالرش : Advantages of sprinkler irrigation

1- التوفير في مساحة الأرض الزراعية .

2- التوفير في كميات المياه المستخدمة للري .

3- تقليل فاقد المياه بالصرف السطحي والتسرب وبالتالي الإستغناء عن إنشاء شبكات الصرف .

4- يمكن الاستغناء عن عمليات تسوية الأرض.

5- اضافة الأسمدة والكيماويات بصورة منتظمة.

6- القضاء علي الحشرات والآفات التي كانت تتواجد في أماكن المساقي والمصارف الحقلية.

**عيوب الري بالرش : Disadvantages of sprinkler irrigation**

1- التكلفة الأولية في نظام الري بالرش مرتفعة .

2- الري بالرش غير ملائم للأماكن التي تتعرض لرياح شديدة .

3- لاتصلح في المناطق ذات درجات الحرارة العالية لزيادة البخر.

4- يحتاج لطاقة كهربية كبيرة للتشغيل.

5- يحتاج لعمالة مدربة.

---

**مكونات شبكة الري بالرش :- Layout of sprinkler irrigation system**

1- مصدر المياه .

2- ماسورة السحب.

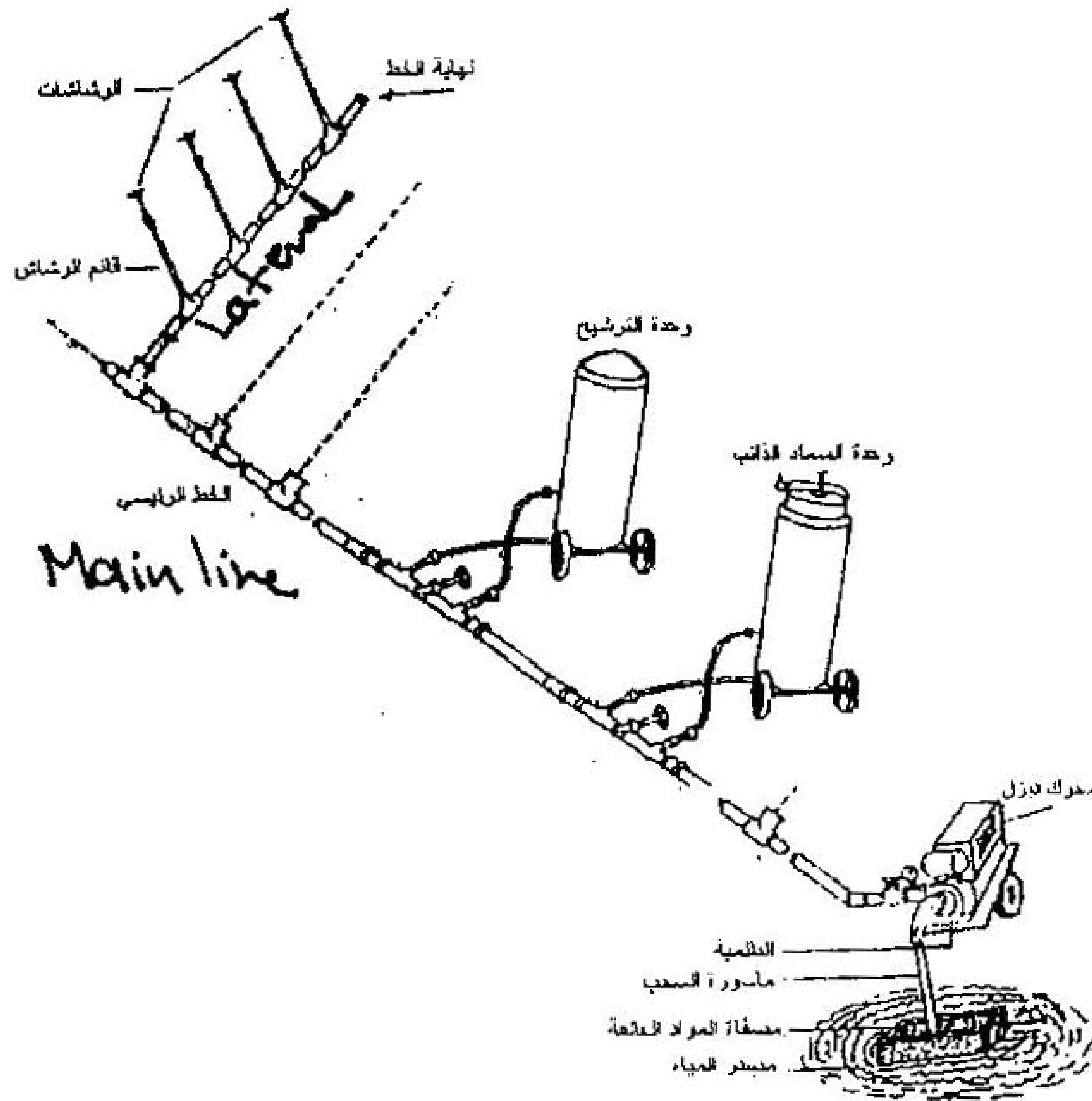
3- الطلمبة.

4- خطوط المواسير الرئيسية "main" واحيانا الفرعية "sub-main" والطياري او النقالي "lateral"

5- وحدة اذابة السماد وُوحدة ترشيح المياه.

6- الرشاشات "sprinkler"

7- المحابس "valves" والوصلات.




## Types of sprinkler systems: أنواع شبكات الري بالرش:

### 1- شبكات الري بالرش الثابتة

### Stationary (solid set) (permanent) system

وفيه تكون كل أجزاء شبكة الري بالرش ثابتة ويعتبر هذا النوع عالي التكاليف.

### 2- شبكات الري بالرش النصف ثابتة أو النصف متحركة

### Semi-portable system

وفيه تكون الطلمبة والخطوط الرئيسية لنظام الري ثابتة ويمكن نقل الخطوط الفرعية و النقالي والرشاشات.

### 3- شبكات الري بالرش المتنقلة Fully portable Hand move systems

وفيه يمكن نقل نظام الري بالرش من مكان لآخر وذلك لتوفير تكاليف الإنشاء.

## The most common types of sprinklers

## أنواع الرشاشات

### 1- Perforated pipe system

عبارة عن مجموعة من الثقوب (holes) توجد في المواسير النقالي(Lateral) يتم من خلالها توزيع الماء علي الأرض.

### 2- Rotating head (revolving sprinkler) system

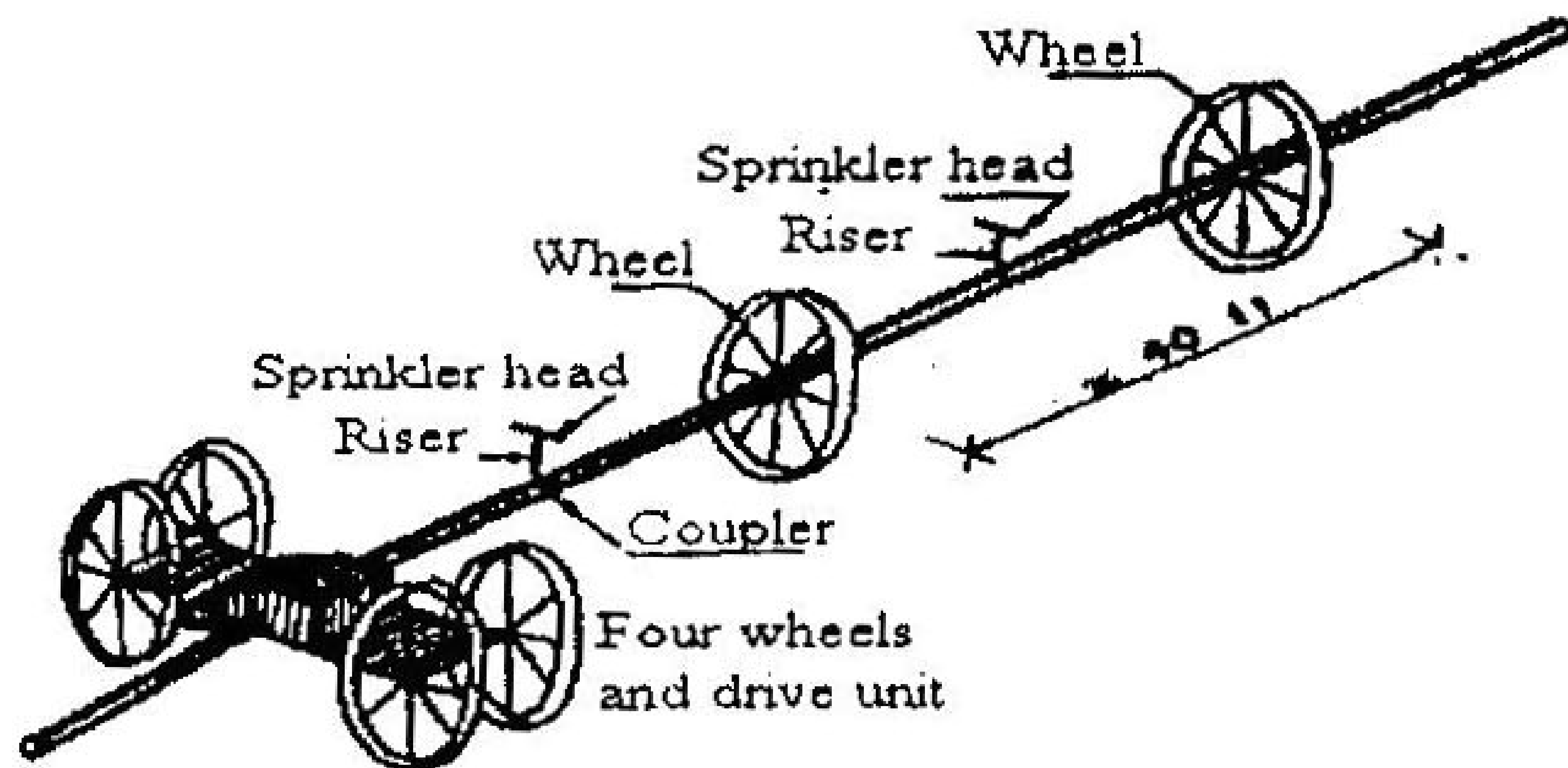
يتم تركيب رشاشات وهي عبارة عن فتحات (nozzles) تثبت علي قائم رأسي (riser pipe) مثبت في الماسورة النقالي(Lateral). فتحات الرشاش تدور لتوزع المياه في جميع الاتجاهات.

---

## Mobile Sprinkler Machines

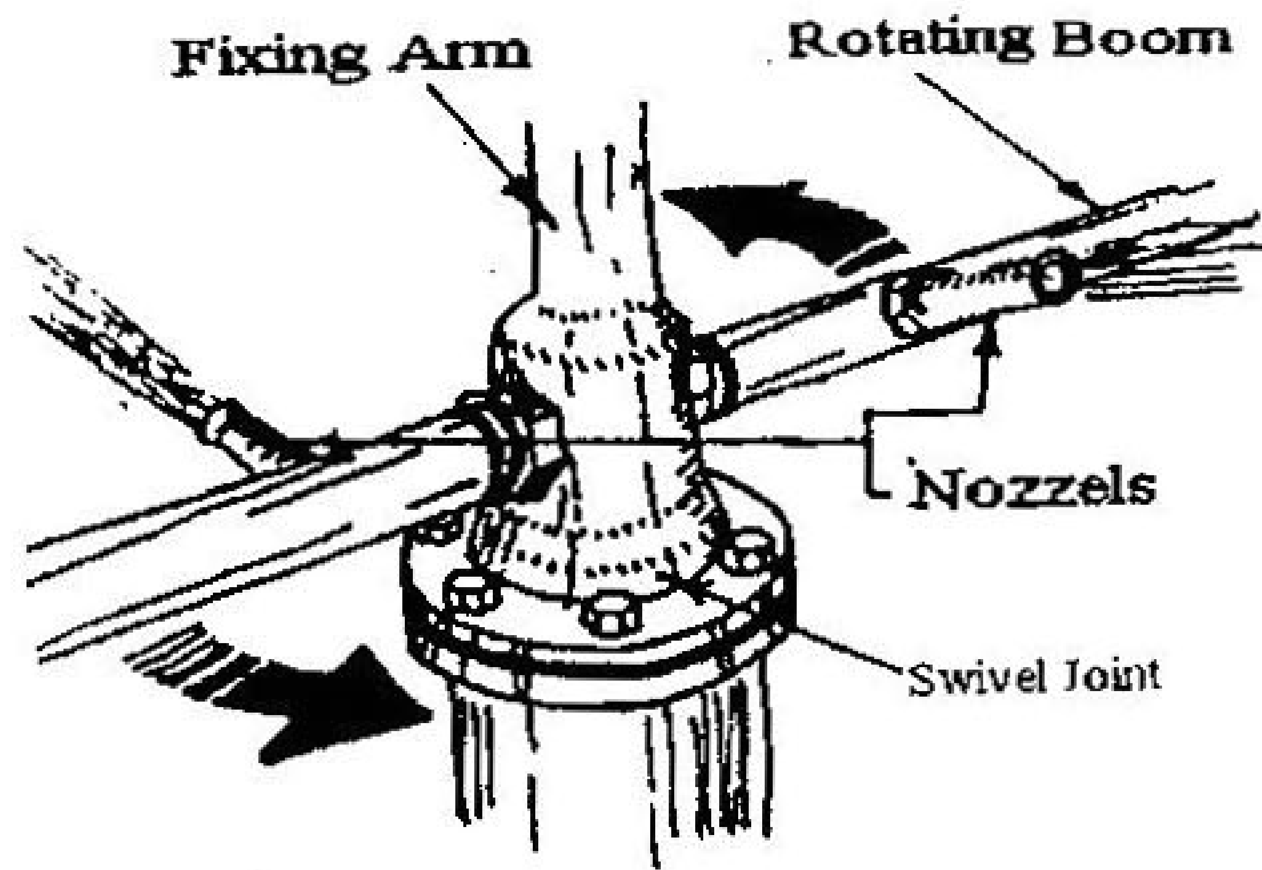
### 1- Side wheel roll system:

يتم تحريك النظام عن طريق (four wheels and drive unit) مثبتة علي جانبي الخط النقالي .ويستغل هذا النظام في ري أكبر مساحة ممكنة.ويصلح في الزراعات المنخفضة الارتفاع وللاراضي المستطيلة الشكل.



## 2- Boom sprinkler system:

يتكون هذا النظام من ماسورة ممتدة عدة أمتار ومحمولة من منتصفها علي قائم رأسي وعلي أمتداد تلك الماسورة تثبت الرشاشات بالتباعد المطلوب وهذه الماسورة تدور حول محور القائم الرأسي حيث ينتشر رذاذ الرشاشات في دائرة مركز هذا القائم الرأسي وبعد الانتهاء من عملية الري يتم نقل القائم الرأسي الحامل للماسورة إلي موقع آخر باستخدام جرار زراعي .

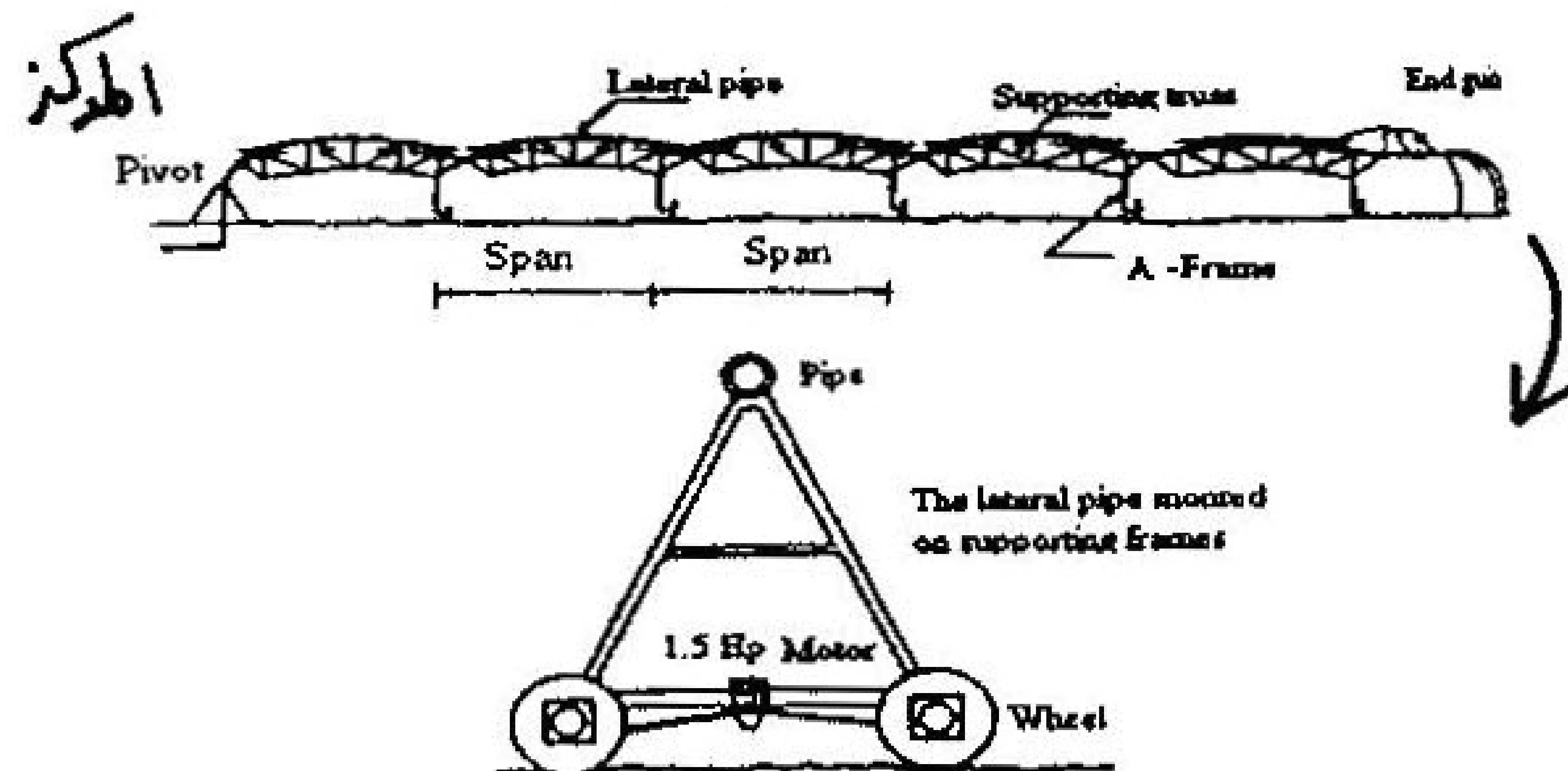



## 3-Traveling Gun sprinkler system:

عبارة عن رشاش واحد محمول علي مركبة تتحرك من مكان لآخر وهذا الرشاش يتميز بأنه يعمل تحت ضغط مرتفع وبالتالي يستطيع ري مساحة كبيرة من الأرض .

## 4-Center pivot sprinkler system:

يتكون من ماسورة نقالي بطول كبير مثبت عليها الرشاشات و هذا النظام يركب علي (Truss) ويدور حول مركز هو أحد ركني الـ(Truss).



## Design steps for semi-portable irrigation system

ثابت Mainline

متحركة Lateral Sprinkler

تصميم شبكة الرى بالرش النصف متحركة

1) Net water requirement (N.W.R)

صافى احتياجات الماء

$$N.W.R = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot D \cdot ML \cdot (FC - WP)$$

$$= A_s \cdot D \cdot (RAM)$$

حيث D: depth of root zone (mm) عمق منطقة الجذور

Fc: Field capacity.

W.p: Wilting point. (water content)

As: Apparent specific gravity.

RAM: Readily available Moisture.

الرطوبة المتاحة بسهولة.

2) Gross water requirement (G.W.R)

الاحتياج الكلى للمياه

$$G.W.R = \frac{N.W.R\ (mm)}{Efficiency}$$ كفاءة الرى

3) Period between two successive watering (T)

الفترة الزمنية بين ريتين متتاليتين

$$T = \frac{N.W.R\ (mm)}{Cu\ (mm/day)}\ \text{day.}$$

Cu: Consumptive use الاستهلاك المائي للنبات

T actual لأقرب لأقرب رقم صحيح

4) Available Number of days for irrigation. (working days).

$$T_{available} \leq T_{actual}$$

5) Select sprinkler spacing ($S_s$) & Number of sprinklers ($n_s$)

حساب المسافات بين الرشاشات وعدد الرشاشات.

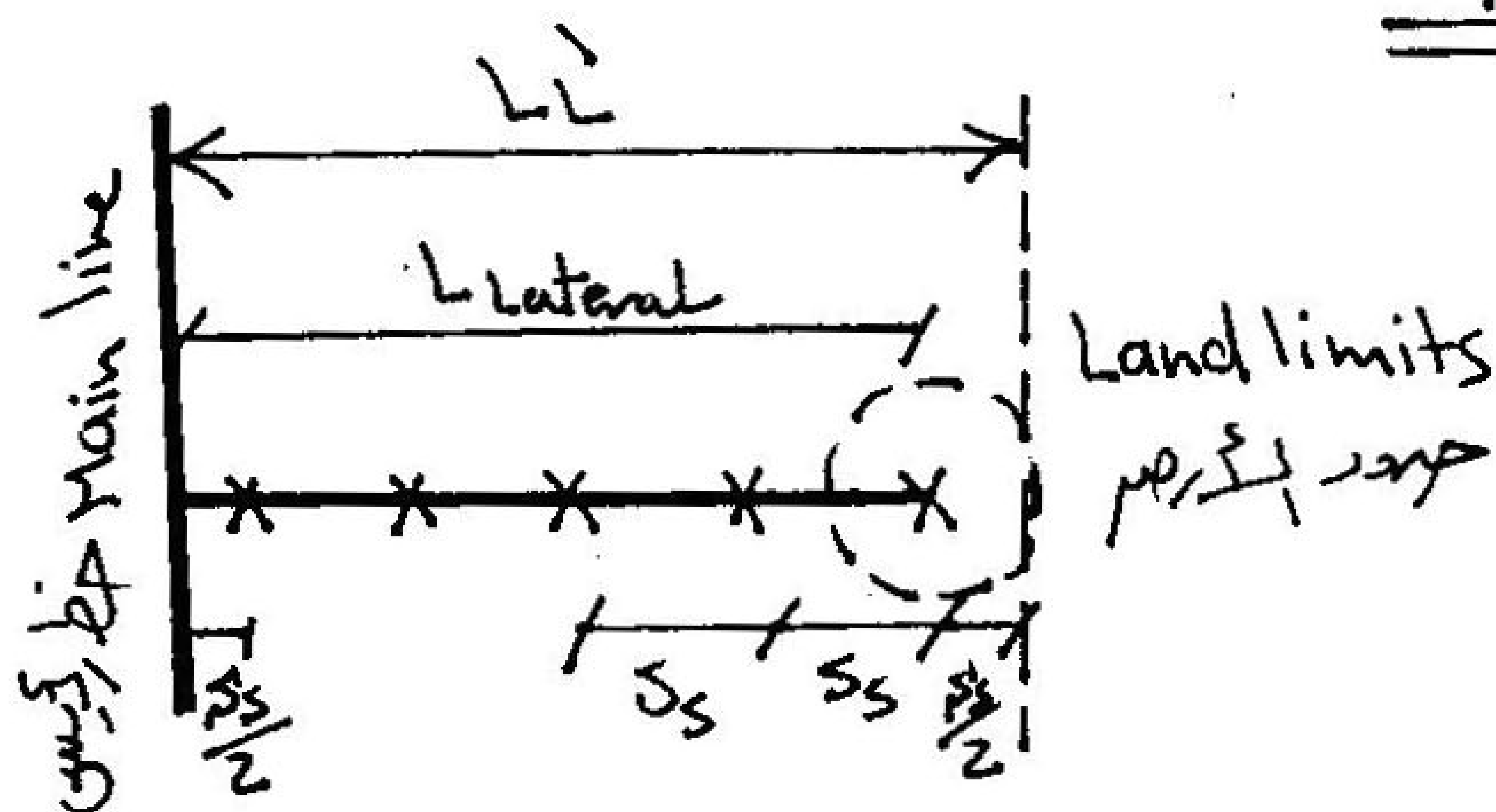
طريقة رقم ١ بمعرفة ① قطر دائرة التأثير للرشاش ($D_w$)

Wetted diameter of sprinkler

② نسبة التداخل بين دوائر التأثير (P)

$$S_s = D_w(1-P)$$

طريقة رقم ٢




ملحوظة

(يبعد آخر رشاش مسافة $\frac{S_s}{2}$ من حدود الأرض)
وبذلك تصل دائرة التأثير حتى نهاية الأرض.

$$n_s = \frac{LL'}{S_s}$$

* يجب مراعاة أطوال المواسير الألومنيوم المستخدمة كالتالي.

Choose $S_s$ 3, 6, 9, 12, 15

* يتم اختيار المسافة $S_s$ بحيث يكون $(n_s)$ عدد صحيح.

$$L_{lateral} = LL' - \frac{S_s}{2}$$

6) Sprinkler rate * Application rate

Ra mm/hr معدل الرش

$$R_{a\,min} \leq R_a \leq I_c$$

infiltration capacity of soil

قيم $\frac{R_{a\,min}}{I_c}$ معطاة في المسألة . ( المفروض من جداول )
( حسب طبيعة المنطقة )
لاختيار (Ra) .

7) Time of irrigation for one set

زمن الري للنقلة الواحدة ( زمن تجاه الرشاشات في مكان واحد )
للوصول لعمق الري المطلوب

$$T_{set} = \frac{GWR\ (mm)}{R_a\ (mm/hr)}\ hrs$$

8) Working hrs per day

عدد ساعات العمل خلال اليوم

$$T_{wh} \leq 24\ hr$$

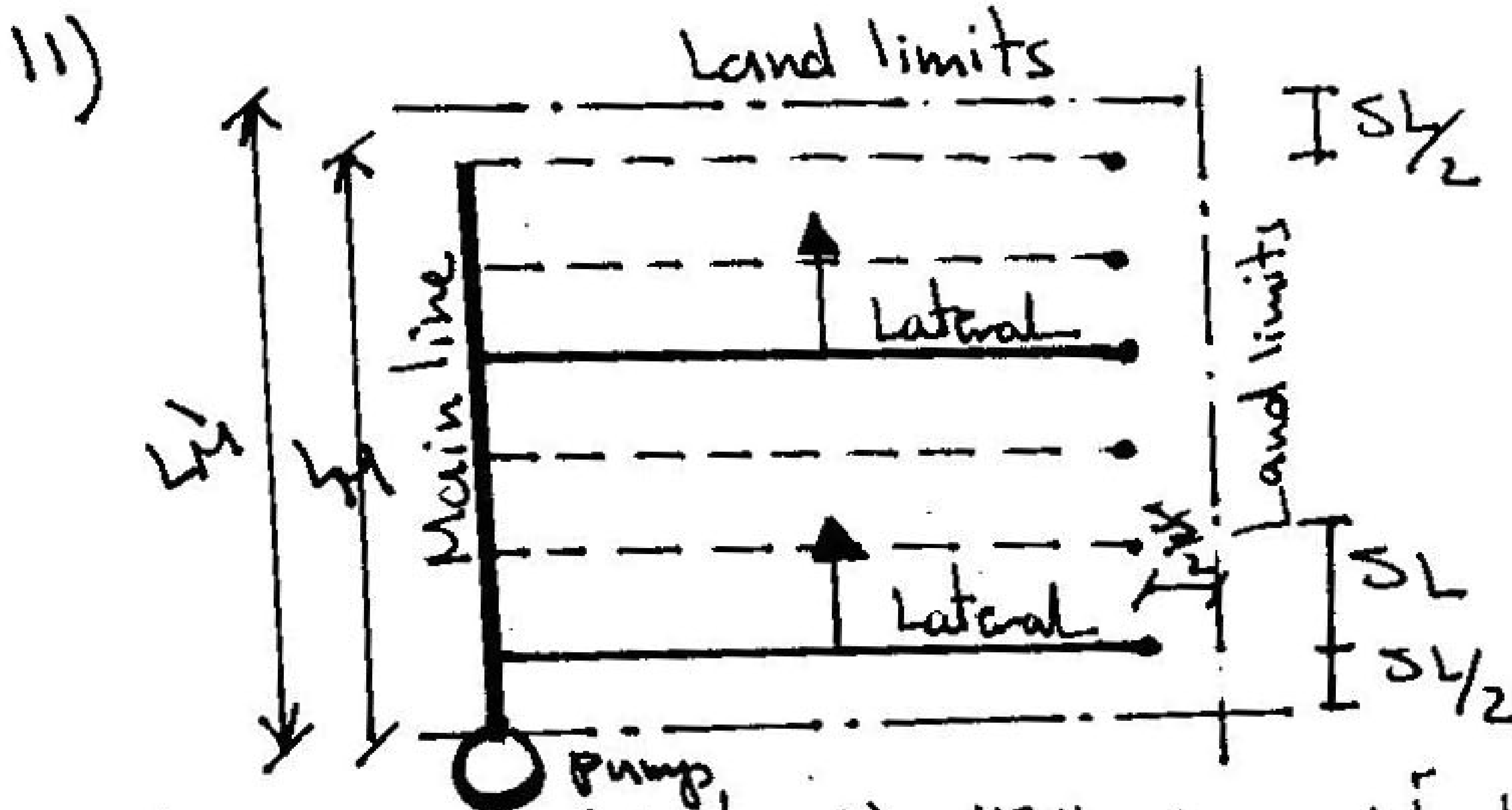
9) حساب زمن فك ونقل وتركيب الخط المتنقل

$$T_{move} = 1 \rightarrow 2 \ hr$$

10) No. of travel for each Lateral per day عدد التنقلات خلال اليوم الواحد

$$n_{set} \leq \frac{T_{wh}}{T_{set} + T_{move}}$$

11)




ملاحظة * أول وآخر موضع للمتنقل (Lateral) يبعد عن حدود الأرض $\left(\frac{S_L}{2}\right)$.

$$n_L = \frac{L_{M'}}{n_{set} \cdot n_d \cdot S_L}$$

عدد خطوط المتنقل ← $n_L$

$n_d$: ١، ٢، ٣، ٤ days of irrigation

$S_L$: مسافات بين المتنقل 3, 6, 9, 12, 15

12) اختيار الرشاش

تم اختيار الرشاش من جداول بمعرفة

- Average wind speed. (KM/hr)
- Application rate ($R_a$ mm/hr)
- Distance $S_S$ , $S_L$

ومن الجدول يتم الحصول على

(Choose sprinkler)

قطر الفتحة Nozzle – orifice diameter (mm)

ضغط تشغيل الرشاش Operating pressure ($kg/cm^2$)

($q_s$) average discharge ($m^3/hr$)
$q_{sprinkler}$

قطر دائرة التأثير wet diameter (m)

معامل انتظام التوزيع uniformity Coeff. (Cu %)

بعد اختيار الرشاش تم حساب

1) Acutal application rate $R_{a\,actual} = \frac{q_s}{S_S \cdot S_L}$

2) $T_{set} = \frac{G.W.R}{R_a} \ (hr)$

زمن الري الفعلي في الموقع الواحد

3) $T_w = n_{set} * (T_{set} + T_{move}) \leq$ allowable working hrs. per day

زمن الري ونقل الخطوط في اليوم الواحد .

---

13) Lateral design تصميم الخط الناقل

بمعرفة عدد الرشاشات على الخط

$$Q_{Lateral} = n_s * q_s$$

تصرف الخط الناقل ← $Q_{Lateral}$ ؛ عدد رشاشات ← $n_s$ ؛ التصرف الرشاش ← $q_s$

* نفرض السرعة في الناقل (1 ← 2 m/s)
* يتم حساب قطر الخط (d)

$$A = \frac{Q_L}{V} = \frac{\pi}{4} d^2$$ → get (d)

$$h_F = \frac{4 F L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

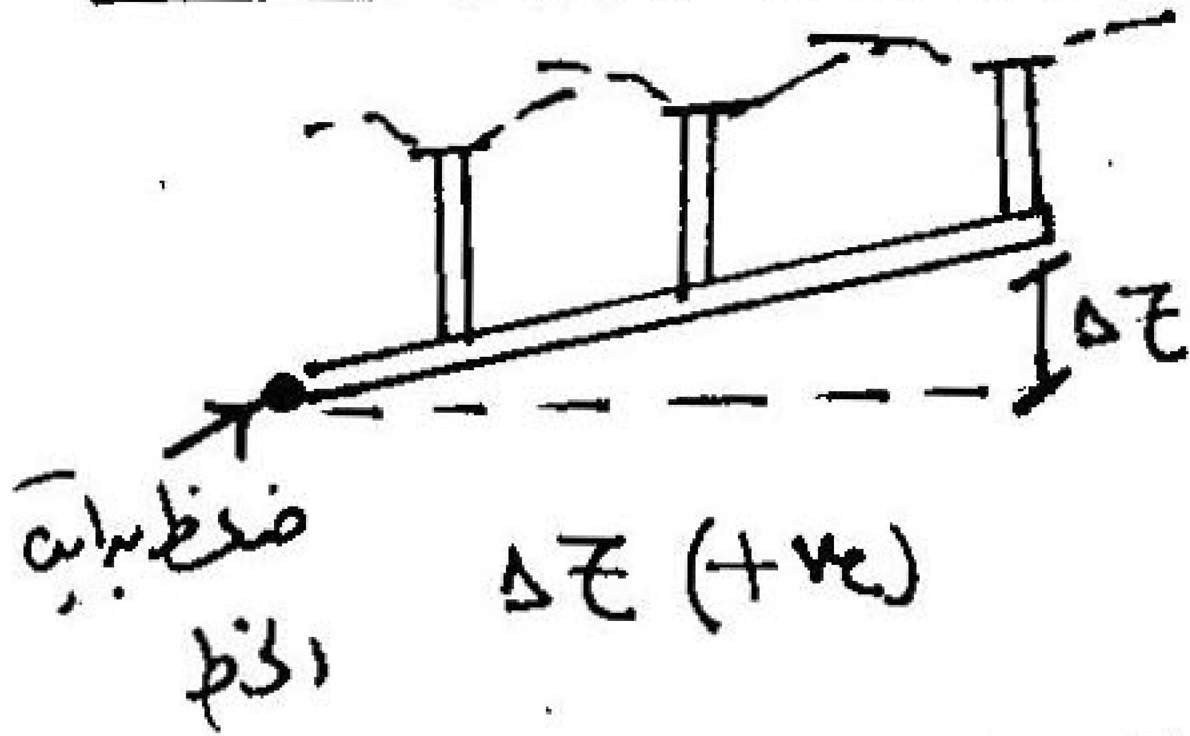
Darcy-Law قانون دارسي

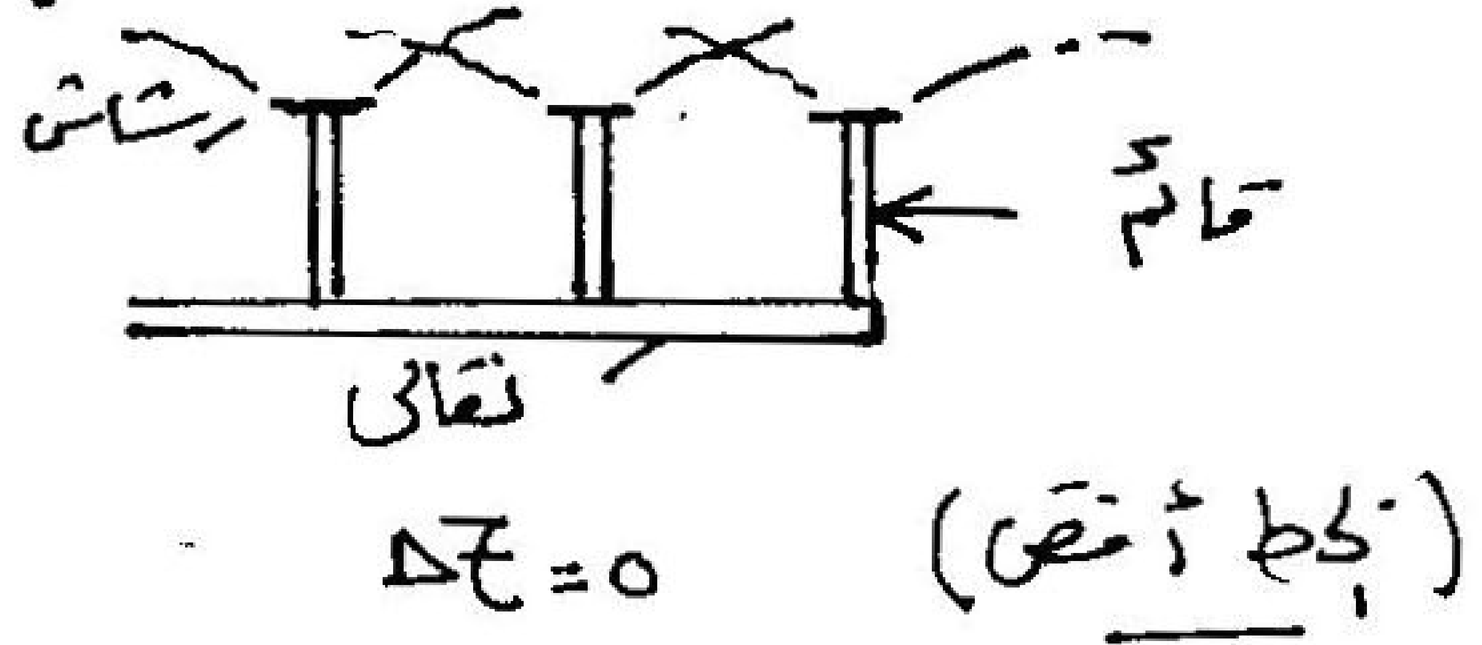
فواقد الاحتكاك على طول خط الناقل ؛ طول ← $L$ ؛ السرعة ← $V$ ؛ قطر الخط ← $d$ ؛ عجلة الجاذبية ← $g$

معامل الاحتكاك $F = 0.005$

الضغط عند بداية الخط = ضاغط تشغيل الرشاش + 0.75 × فواقد الاحتكاك

+ ارتفاع قائم الرشاش (riser) ± ΔZ




## 14) Main Line الخط الرئيسى

تصرف الخط الرئيسى = عدد الخطوط النقالى * تصرف الخط النقالى .

* يفرض السرعة (1 ← 1.5 m/s

* تم حساب القطر $A = \frac{Q}{V} = \frac{\pi}{4} d^2$

$$\boxed{h_L = 1.1\, h_F}$$ $h_F$ من مانوسدارسى

* يفرض 10٪ فواقد ثانوية (محابس ووصلات)

الضغط عند بداية الخط = الضغط عند بداية النقالى + (الفواقد $h_L$)

## 15) Pump المضخة

تصرف المضخة = تصرف الخط الرئيسي * عدد الخطوط الرئيسية .

ضاغط المضخة = ضاغط الخط الرئيسي + 1.1 * مؤاقد الاحتكاك

في ماسورة السحب + عمق الماء في البئر .

$$\text{Power} = \frac{\gamma_w \cdot Q_{pump} \cdot H_{pump}}{\eta_1 \cdot \eta_2} \ (KW)$$ كيلووات

$\gamma_w = 9.81 \ KN/m^3$

$Q_{pump}$: تصرف المضخة

$H_{pump}$: ضاغط المضخة

$\eta_1$: Pump efficiency.

$\eta_2$: Motor efficiency.

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

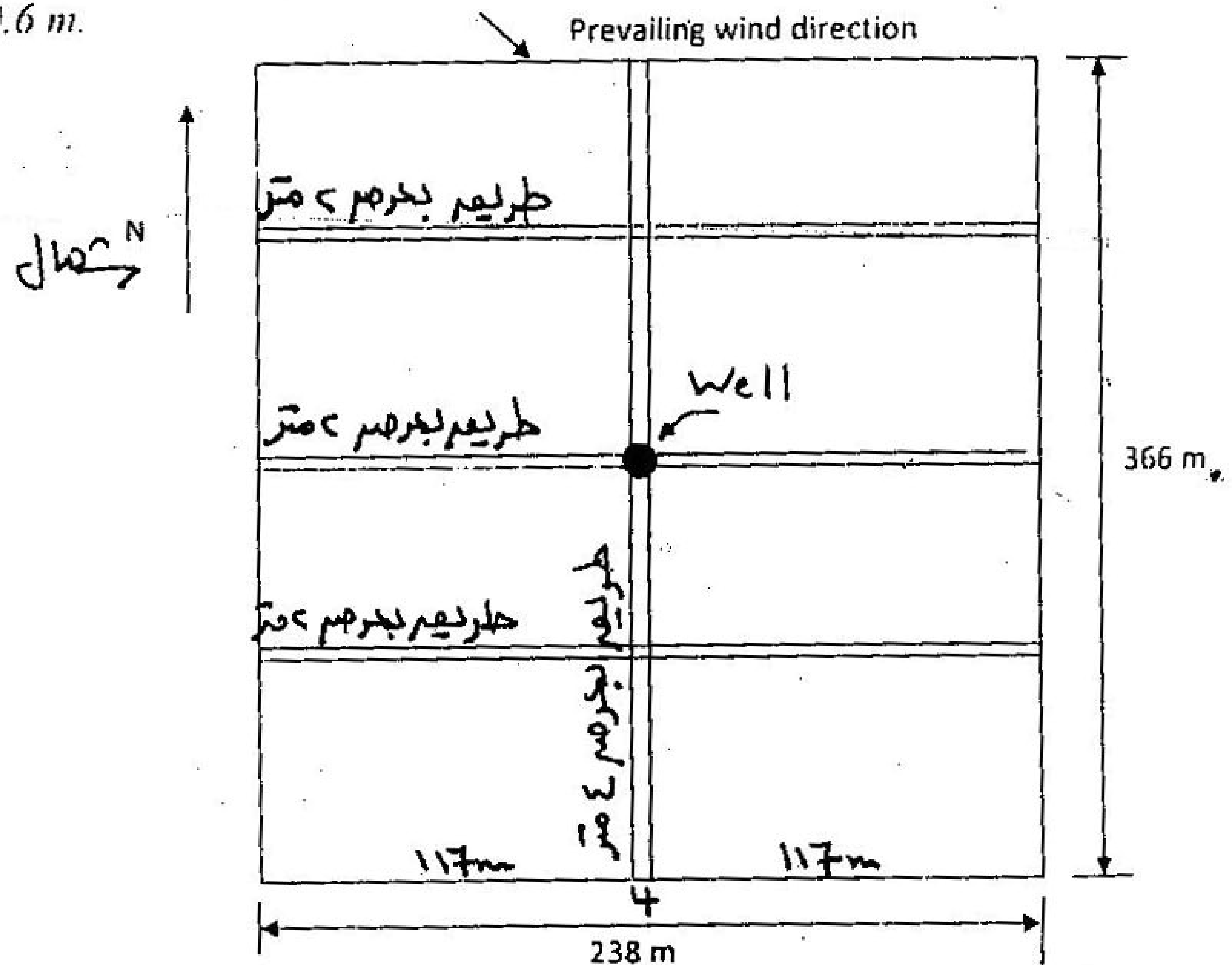
No. 15 ري

***Example:***

*Design a semi-portable irrigation system for the field shown in Fig. The field is irrigated from a well located at the center of the field. The land is plane and horizontal. The design includes the determination of direction and number of laterals, mains, and their diameters and choosing the suitable sprinkler and spacing in addition to the power of the pump.*

***Available data:***

- *Average wind speed = 3 m/sec.*
- *Soil is sandy loam.* (As = 1.5  F.C = 14%  wp 6%) given.
- *Root depth = 0.9 m.*
- *Moisture level = 0.4.*
- *Maximum consumptive use of water for plant = 6 mm/day.*
- *Irrigation efficiency = 65%.*
- *Available time for irrigation including lateral movement ≤ 20 hours/day.*
- *Sprinkler rate 6 – 8.5 mm/hour.*
- *Number of irrigation (working) days ≤ 85% of irrigation interval.*
- *Depth of water inside the well = 60 m.*
- *Losses in suction pipe = 1 m.*
- *Pump efficiency = 70%.*
- *Motor efficiency = 0.95.*
- *Pipes of well from steel ~~(ε =0.012 cm)~~.*
- *Pipes of main line from PVC ~~(ε =0.004 cm)~~.*
- *Pipes of laterals from aluminum ~~(ε =0.02 cm)~~.*
- *Available inside diameters mm: 12.5, 25.5, 37.5, 50, 62.5, 75, 100, 125, .... 500.*
- *Specifications for sprinklers are given in attached tables.*
- *Riser height = 0.6 m.*



## Semi-portable irrigation system

## تخطيط الشبكة

في اتجاه الشمال و الجنوب الخطوط الرئيسية (Main lines)

شرق و غرب خطوط الرشاشات (Laterals)

بأطوال تتراوح من (100→200m)

الطول الفعلي (117m).

**Given**

$D = 0.9\,m$ $ML = 0.4$ $As = 1.5$

$Fc = 14\%$ $WP = 6\%$

$Cu = 6\,mm/d$ irrigation efficiency = 65%

1) **Net water requirement (NWR)**

$$NWR = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot D \cdot ML\,(FC - W)$$

$$= \frac{1.5}{1} * 0.9 * 1000 * 0.4\,(0.14 - 0.06)$$

تحويل لـ mm (← 1000)

$$= 43.2\ mm$$

2) **Gross water requirement (GWR)**

$$GWR = \frac{NWR\,(mm)}{Efficiency} = \frac{43.2}{0.65} = 64.6\ mm$$

3) $T = \dfrac{NWR\ (mm)}{Cu\ mm/d}$ period between two watering

الزمن بين ريتين

$$T = \frac{43.2}{6} = 7.2 \text{ day}$$

يقرب لأقرب رقم صحيح

$$T_{actual} = 7 \text{ day}$$

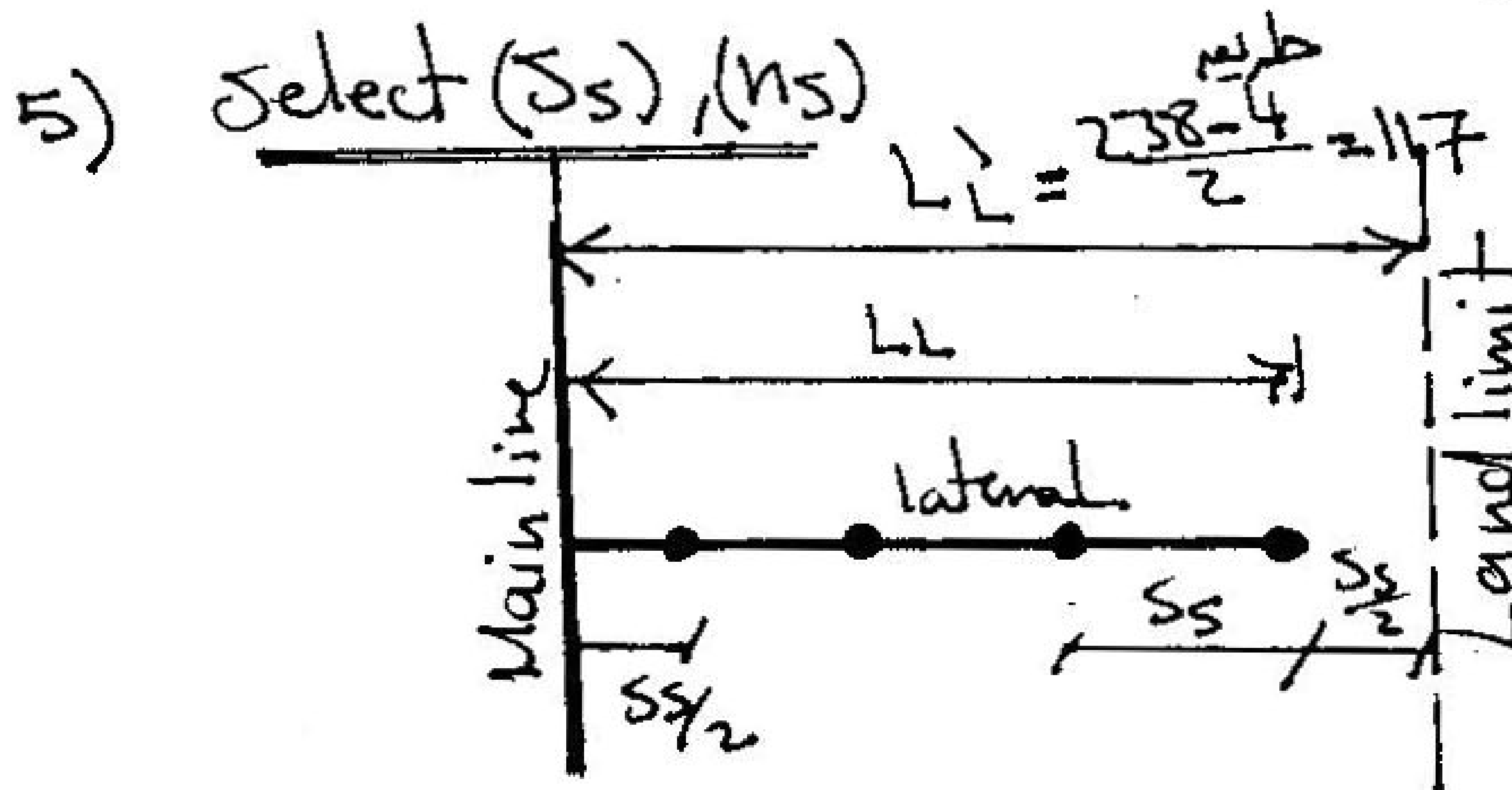
4) <u>No. of working days</u>

Given
شرط في المسألة

| No. of working days ≤ 85% irrigation interval |
|---|

$$\text{No. of w.d} = 0.85 * 7 = 6 \text{ days.}$$

5) <u>Select ($S_s$), ($n_s$)</u>




$$n_s = \frac{LL'}{S_s} = \frac{117}{S_s}$$

$$n_s = \frac{117}{9} = 13 \text{ رشاش}$$ (للخط الواحد)

$S_s = 3, 6, ⑨, 12, 15$

تم استخدام مواسير بأطوال (9m) ويوضع الرشاش في الفواصل بين المواسير ولذلك المسافة بين الرشاشات = (9m)

$$L_{Lateral} = L_L' - \frac{S_s}{2} = 119 - \frac{9}{2} = 114.5\,m$$

الرشاشات توزع فى (117m) ولكن عند التعامل مع طول الخط (119m)

6) Sprinkler rate — Application rate

معطى فى المسألة Sprinkler rate 6 → 8.5 mm/hr

نفرض معدل الرش $R_a = 7.5$ mm/hr

7) Time of irrigation for one set

زمن الري للنقلة الواحدة

$$T_{set} = \frac{GWR}{R_a} = \frac{64.6}{7.5} = 8.613\ hr$$

نعتبر $T_{set}$ (8.5 hr)

أى أن $R_a = 7.6$ mm/hr

8) Working hrs per day عدد ساعات العمل خلال اليوم

Given ≤ 20 hr

9) $T_{move} = (1 \rightarrow 2\ hr)$ assume 1.5 hr

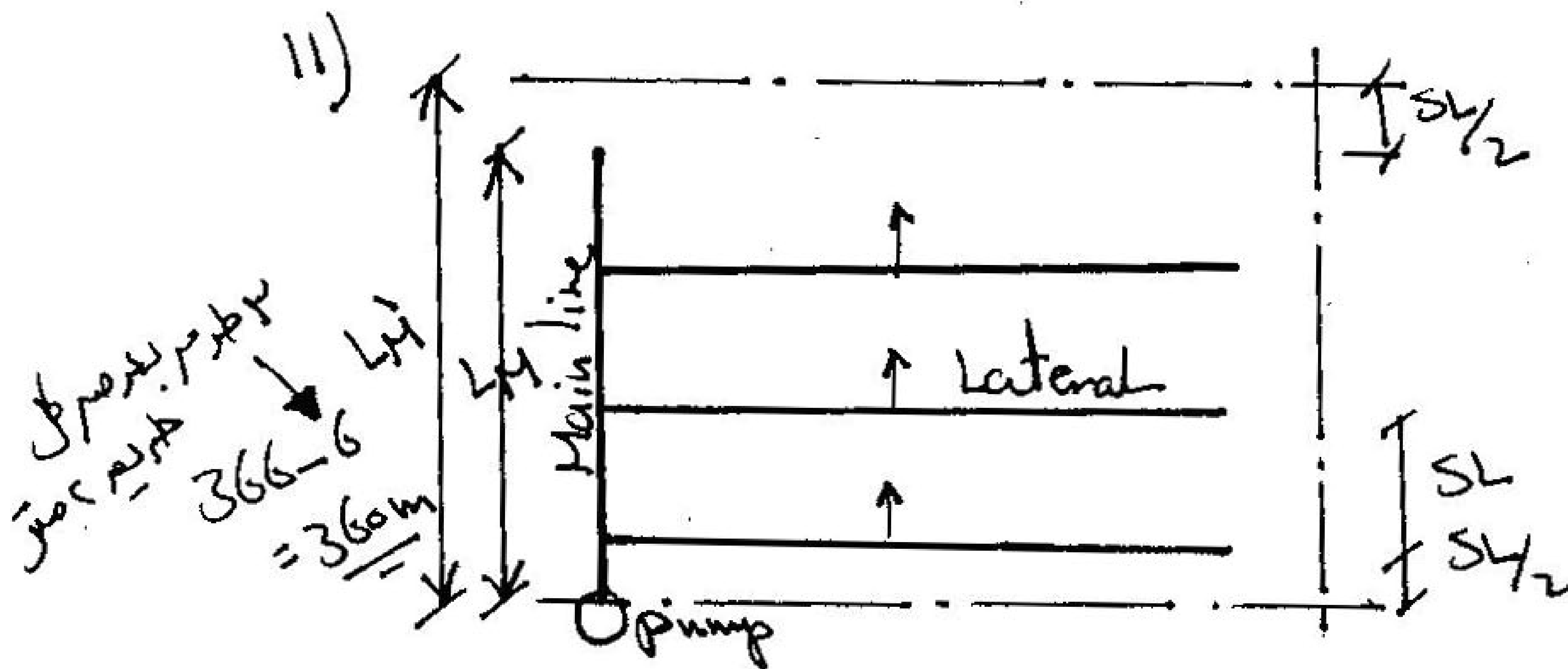
زمن فك ونقل وتركيب خط الرشاش.

10) No. of Travel for each Lateral per day

عدد الانتقالات خلال اليوم الواحد

$$n_{set} = \frac{T_{wh}}{T_{set} + T_{move}} = \frac{20}{8.5 + 1.5} = 2$$

11)




$$n_L = \frac{L_{M'}}{n_{set} \cdot n_d \cdot S_L} = \frac{360}{2 * 6 * 15} = \boxed{2}$$

3, 6, 9, 12, (15)

12) اختيار الرشاش

- Wind speed = 3 m/s = 10.8 KM/hr

8 → 16 KM/hr

جدول (4-4-ب)

139 ص

- Ra = 7.5 mm/hr

- $S_S = 9$ , $S_L = 15$

---

- Nozzle diameter = 3.97 mm
- Operating pressure = 3.17 Kg/cm$^2$
- Average discharge = 1.11 m$^3$/hr
- Wet diameter = 24.7 m
- Uniformity CoeFF (Cu) = 84%

---

1) $Ra_{actual} = \frac{q_s}{S_S . S_L} = \frac{1.11}{9 * 15} * 1000 = 8.22$ mm/hr

2) $T_{set} = \frac{GWR}{Ra_{act}} = \frac{64.6}{8.22} = 7.86$ hr

3) $T_w = n_{set} * (T_{set} + T_{move}) = 2(7.86 + 1.5) = 18.72 < 20$ hr

جدول (4-4-ب): الإختيار الأولى للرشاش

Wind: 8 to 16 Km/hr

$R_A$ : (mm/hr.)
Nozzle Size : (mm)
Av. Press: (Kg/cm$^2$)
Av. Discharge: (m$^3$/hr.)
Wet Diameter: (m)

Ra = 7.5 mm/hr

| Sprinkler | Water Application Rate ($R_A$) | 0.8 - 1.8 | 2.0 - 3.0 | 3.3 - 4.3 | 4.6 - 5.6 | 5.8 - 6.8 | 7.1 - 8.1 | 8.4 - 9.4 | 9.7 - 10.7 | 10.9 - 11.9 | 12.2 - 13.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SP 6 X 12 ($S_1$ x $S_2$) | Nozzle Size | 1.59 | 1.93 | 2.38 | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.18 | 3.57 | 3.18*2.33 | 3.18*2.38 |
| | Av. Pressure | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 3.17 | 2.46 | 2.39 | 2.81 | 2.46 | 2.25 | 2.81 |
| | Av. Discharge | 0.11 | 0.18 | 0.30 | 0.36 | 0.50 | 0.57 | 0.66 | 0.77 | 0.84 | 0.95 |
| | Wet Diameter | 16.77 | 17.68 | 16.60 | 19.82 | 19.51 | 20.43 | 21.95 | 21.95 | 20.43 | 21.04 |
| | Cu(%) | 80.00 | 81.00 | 82.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 85.00 | 86.00 |
| SP 9 X 12 | Nozzle Size | 1.98 | 2.38 | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.57 | 3.97 | 3.57*2.38 | 3.97*2.38 | 3.97*2.38 |
| | Av. Pressure | 2.11 | 2.11 | 3.52 | 3.17 | 3.31 | 3.17 | 2.81 | 2.67 | 2.46 | 3.03 |
| | Av. Discharge | 0.18 | 0.30 | 0.39 | 0.57 | 0.68 | 0.86 | 1.04 | 1.11 | 1.25 | 1.41 |
| | Wet Diameter | 17.68 | 18.60 | 20.43 | 20.43 | 22.87 | 23.17 | 24.39 | 21.34 | 23.17 | 24.09 |
| | Cu(%) | 80.00 | 82.00 | 85.00 | 85.00 | 82.00 | 83.00 | 84.00 | 85.00 | 88.00 | 90.00 |
| SP 9 X 15 (Ss SL) | Nozzle Size | 2.38 | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.57 | 3.97 | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 4.37*2.38 |
| | Av. Pressure | 1.76 | 2.81 | 2.81 | 3.17 | 3.52 | 3.17 | 2.87 | 3.87 | 3.52 | 3.24 |
| | Av. Discharge | 0.26 | 0.34 | 0.52 | 0.70 | 0.91 | 1.11 | 1.23 | 1.41 | 1.64 | 1.77 |
| | Wet Diameter | 17.99 | 19.51 | 20.12 | 22.87 | 23.48 | 24.70 | 25.00 | 26.52 | 27.74 | 25.30 |
| | Cu(%) | 62.00 | 70.00 | 75.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 87.00 | 85.00 | 86.00 | 85.00 |
| SP 12 X 12 | Nozzle Size | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.57 | 3.18*2.38 | 3.97*2.38 | 3.97*2.38 | 3.97*3.18 | 4.37*2.38 | 4.37*3.18 |
| | Av. Pressure | 1.76 | 2.11 | 2.46 | 2.46 | 2.81 | 2.46 | 2.81 | 2.46 | 2.81 | 3.03 |
| | Av. Discharge | 0.26 | 0.45 | 0.61 | 0.77 | 0.95 | 1.20 | 1.36 | 1.52 | 1.68 | 1.88 |
| | Wet Diameter | 17.99 | 18.90 | 21.04 | 22.87 | 21.04 | 23.17 | 23.78 | 23.17 | 25.00 | 25.00 |
| | Cu(%) | 80.00 | 80.00 | 83.00 | 83.00 | 83.00 | 84.00 | 87.00 | 86.00 | 86.00 | 90.00 |
| SP 9 X 18 | Nozzle Size | | | 3.18 | 3.57 | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 4.76 | 5.16 | 5.56 |
| | Av. Pressure | | | 2.81 | 3.17 | 3.17 | 3.17 | 3.17 | 3.87 | 3.66 | 3.52 |
| | Av. Discharge | | | 0.68 | 0.86 | 1.11 | 1.29 | 1.54 | 1.73 | 1.93 | 2.16 |
| | Wet Diameter | | | 21.95 | 23.17 | 24.70 | 25.91 | 27.44 | 28.05 | 28.35 | 28.56 |
| | Cu(%) | | | 80.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 36.00 | 86.00 | 87.00 |
| SP 12 X 15 | Nozzle Size | | | | 3.97 | 3.97*2.38 | 3.97*2.38 | 4.37*2.38 | 4.76*2.38 | 4.76*3.18 | 5.16*3.18 |
| | Av. Pressure | | | | 2.46 | 2.46 | 3.17 | 2.81 | 2.81 | 3.17 | 3.17 |
| | Av. Discharge | | | | 0.98 | 1.25 | 1.48 | 1.68 | 1.66 | 2.13 | 2.38 |
| | Wet Diameter | | | | 24.09 | 23.17 | 24.09 | 25.00 | 25.91 | 26.52 | 27.44 |
| | Cu(%) | | | | 76.00 | 76.00 | 76.00 | 83.00 | 84.00 | 85.00 | 98.00 |
| SP 12 X 18 | Nozzle Size | | | | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 5.16 | 5.56 | 5.16*3.18 | 5.56*3.18 |
| | Av. Pressure | | | | 3.52 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.59 | 3.73 |
| | Av. Discharge | | | | 1.18 | 1.41 | 1.70 | 1.58 | 2.27 | 2.54 | 2.82 |
| | Wet Diameter | | | | 25.00 | 26.52 | 28.05 | 28.66 | 29.27 | 27.74 | 28.66 |
| | Cu(%) | | | | 77.00 | 81.00 | 83.00 | 84.00 | 85.00 | 90.00 | 82.00 |
| SP 12 X 21 OR 12 X 24 OR 12 X 27 | Nozzle Size | | | | | 4.76 | 5.16 | 5.56 | 5.56 | 6.35 | 7.14 |
| | Av. Pressure | | | | | 3.87 | 3.66 | 4.08 | 4.50 | 4.93 | 4.57 |
| | Av. Discharge | | | | | 1.68 | 1.93 | 2.36 | 2.50 | 3.50 | 4.25 |
| | Wet Diameter | | | | | 31.71 | 31.71 | 32.93 | 34.76 | 37.80 | 39.02 |
| | Cu(%) | | | | | 86.00 | 86.00 | 88.00 | 85.00 | 88.00 | 90.00 |
| SP 18 X 18 | Nozzle Size | | | | 4.76 | 5.16 | 5.56 | 5.58 | 6.35 | 5.56*4.78 | 6.35*4.76 |
| | Av. Pressure | | | | 4.22 | 4.57 | 4.57 | 5.63 | 4.79 | 3.52 | 3.52 |
| | Av. Discharge | | | | 1.77 | 2.20 | 2.52 | 2.86 | 3.45 | 3.77 | 4.34 |
| | Wet Diameter | | | | 32.62 | 33.84 | 35.06 | 36.28 | 37.80 | 31.10 | 33.84 |
| | Cu(%) | | | | 80.00 | 82.00 | 83.00 | 84.00 | 84.00 | 78.00 | 83.00 |

## 13) Lateral design تصميم الخط الفرعي

$$Q_L = n_s * q_s$$

$$= 13 * 1.11 = 14.43 \ m^3/hr$$

$$L_L = 114.5 \ m$$

**assume $V = 1.5 \ m/s$**

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{14.43}{60*60 \ *1.5} = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$d = 0.0583 \ m$$

$$= 58.3 \ mm$$

أقرب قطر متاحة. take $d = 62.5 \ mm$

$$h_F = \frac{4FL}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{4*0.005*114.5}{62.5*10^{-3}} \cdot \frac{V_{act}^2}{2*9.81} \quad (V_{act}^2 \rightarrow 1.3^2)$$

$$V_{actual} = \frac{14.43}{60*60*\pi/4*(62.5*10^{-3})^2} = 1.3 \ m/s$$

$$h_F = 3.15 \ m$$

الضغط عند بداية الخط = ضغط تشغيل الرشاش + 0.75 * فواقد الاحتكاك
+ ارتفاع القائم $\pm \Delta Z$

$3.15 * 0.75 + 31.7 =$ الضغط عند بداية ط.ف

$m\ \underline{34.66} = 0.6 +$

↑ riser (given)

$kg/cm^2\ 3.17 =$ ضغط الرشاش

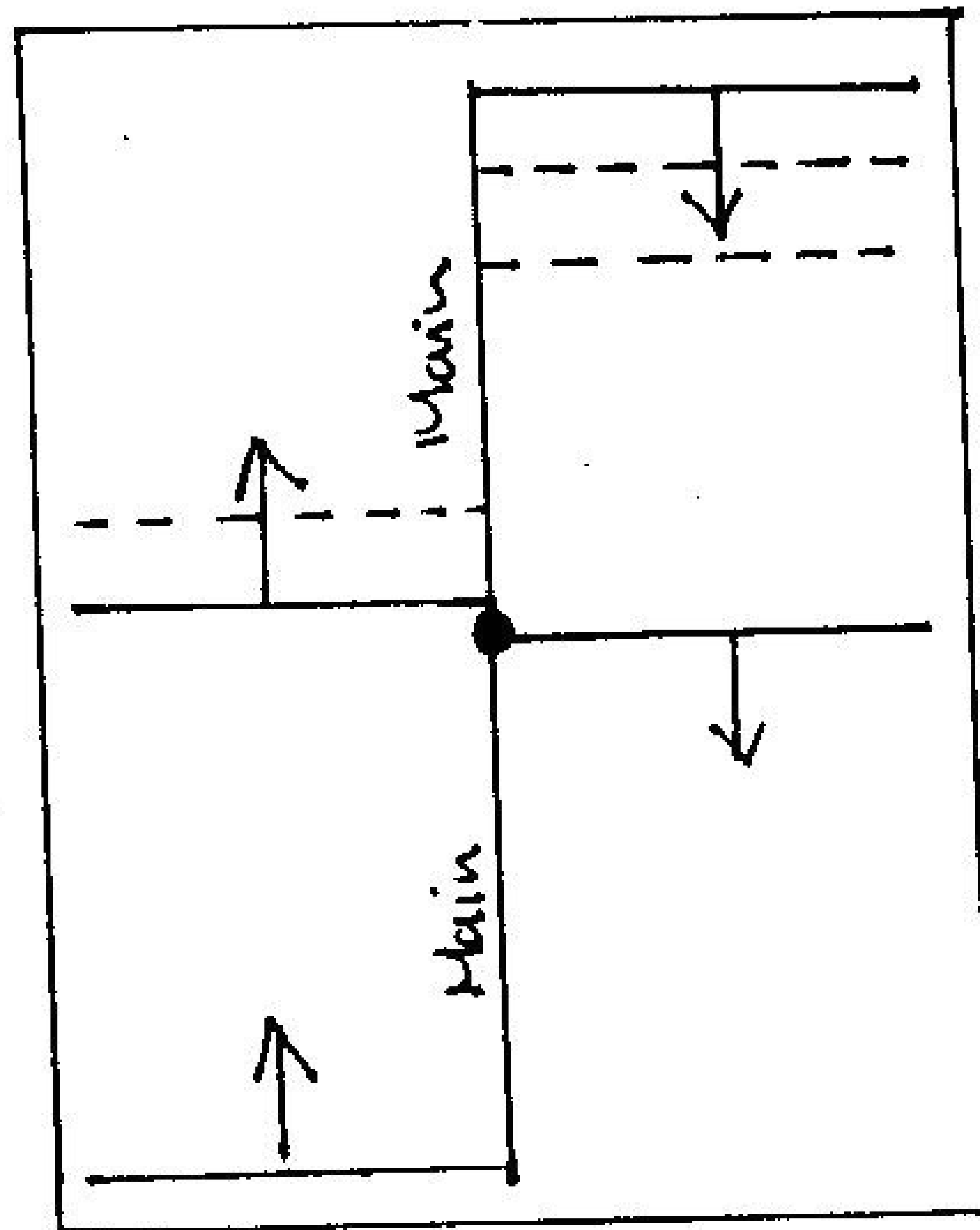
$P = \gamma \cdot h$

$$\frac{3.17\ kg}{cm^2} * 100^2 = \frac{1000\ kg}{m^3} * h$$

$h \rightarrow 31.7\ m$

---

14) Main line الخط الرئيسي




$Q_{Main} = 2 * Q_L = 2 * 14.43 = 28.86\ m^3/hr$

---

Ass. V = 1.4 m/s

$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{28.86}{60*60*1.4}$   d = 0.0854 m = 85.4 mm

(Available) take d = 100mm

الطول بدون لطريع -١

$L = \frac{366}{2} - \frac{15}{2} = 175.5$

$V_{act} = \frac{28.86}{60*60*\frac{\pi}{4}\, 0.1^2} = 1.02\ m/s$

$h_F = \frac{4*0.005*L}{0.1} \cdot \frac{1.02^2}{2*9.81} = 1.86\ m$   (L = 175.5)

hF 1.1 + براية التقاطي = ضغط براية الرئيسي

36.7 m = 1.86 * 1.1 + 34.66

---

15) pump

تصرف = 57.72 = 28.86 * 2 m³/hr

ضاغط المضخة = m 97.8 = 60 + 1 * 1.1 + 36.7

60 ← عمق ماء البئر ; 1 ← losses in suction pipe (Given)

$Power = \frac{\gamma_w \cdot Q_p \cdot H_p}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{9.81*57.72*97.8}{60*60*0.7*0.95}$

= 23.13 kW #

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 1 صرف

# Chapter (1)
# Introduction

## الصرف الزراعي (Drainage)

**Is the removal of excess water that found either on land surface or under the soil surface in root zone.**

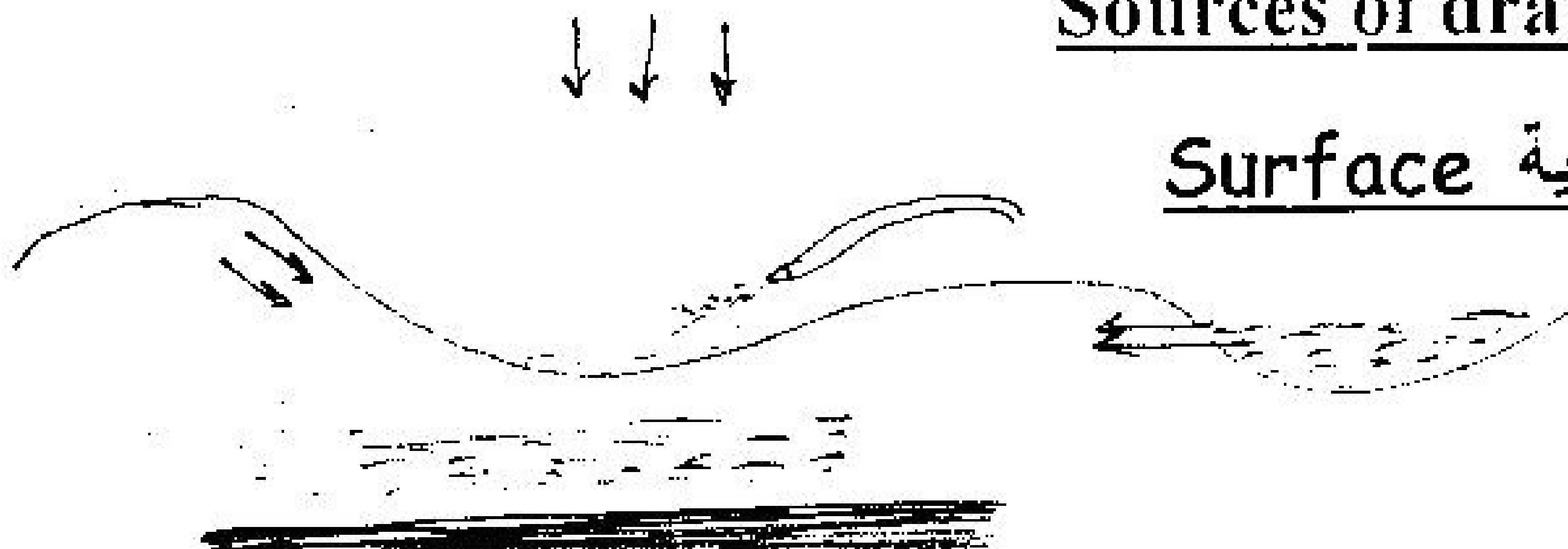
**هو التخلص من المياه الزائدة عن حاجة النبات والتي قد تتواجد فوق سطح الأرض أو تحت السطح في منطقة جذور النبات.**

## Benefits of Drainage الأغراض الأساسية لعملية الصرف

1. توفير بيئة مناسبة "ماء+هواء" في منطقة جذور النبات لتحقيق التهوية الجيدة لمنطقة الجذور .
2. التحكم في ملوحة التربة.
3. سهولة سير العمليات الزراعية المختلفة من حرث وري وحصاد .
4. منع انتشار الأوبئة والحشرات الناتجة عن وجود البرك والمستنقعات في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية.
5. تحسين خواص التربة خاصة التربة الطينية.

## Sources of drainage water مصادر مياه الصرف

### Surface مصادر سطحية



1. الإسراف في استخدام **مياه الري**.
2. **الأمطار** الغزيرة والفيضانات.
3. رشح المياه "**seepage**" من أرض مرتفعة إلى أراضي منخفضة مجاورة.

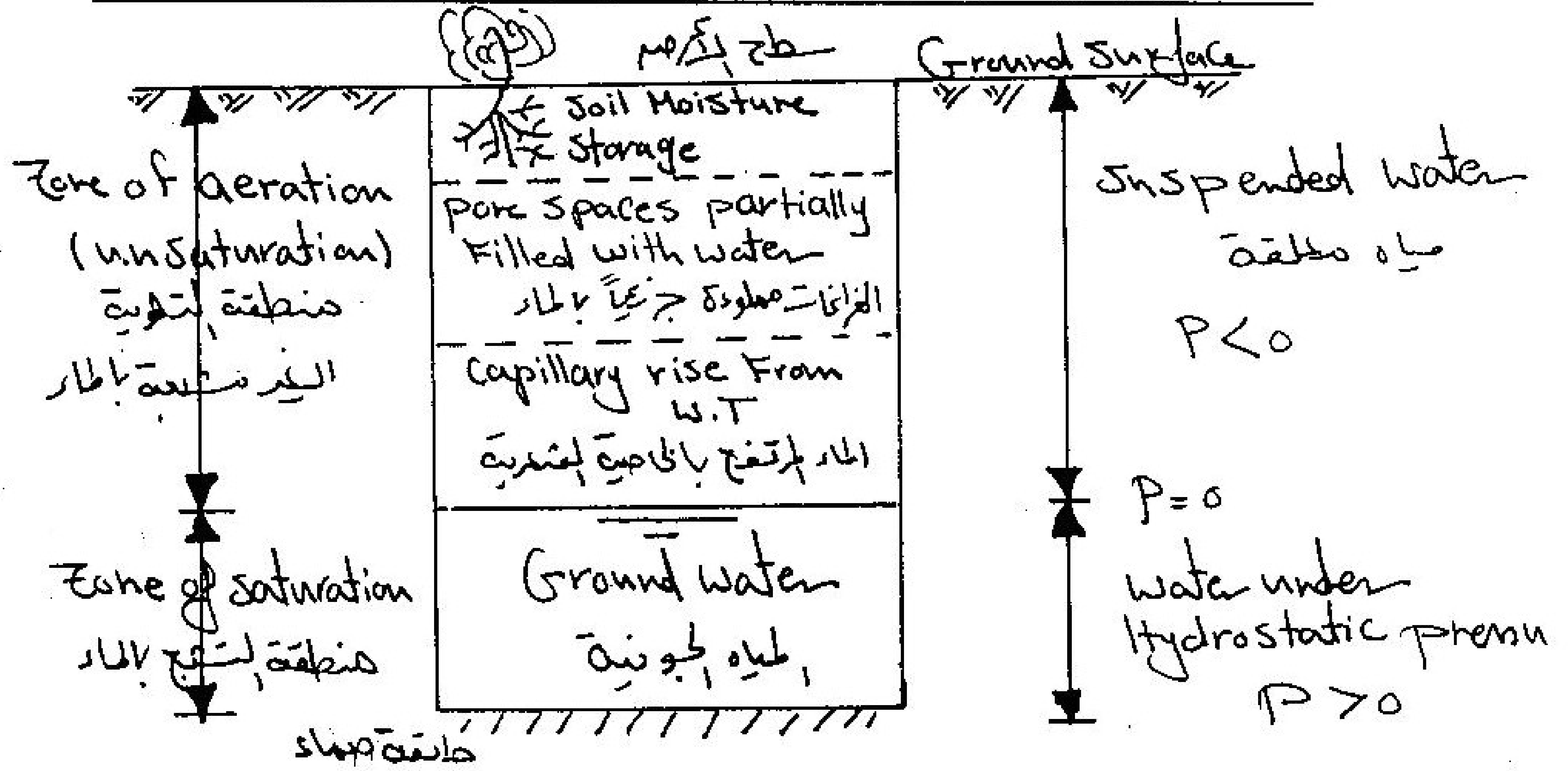
4. **الصرف السطحي** غير كافي حيث تتراكم المياه الزائدة فوق سطح الأرض بعد عملية الري ولا يتم صرفها نتيجة ضعف كفاءة الصرف السطحي وبالتالي يرتفع منسوب الماء الجوفي.

## مصادر تحت سطحية Sub surface

5. تواجد عائق"obstruction"مثل **طبقة صماء** في طريق الحركة الأفقية للماء الجوفي يؤدى إلى ارتفاع الماء لأعلى.
6. **انخفاض نفاذية** التربة وعندها يقل معدل تسرب الماء لأسفل كما في التربة الطينية.
7. رشح المياه من **المجارى المائية** المجاورة للأرض.

---

**العلاقة بين رطوبة التربة Soil moisture والمياه الجوفية Groundwater**




كلما اقتربنا من منسوب المياه الجوفية تزداد نسبة الماء حيث يحل محل الهواء حتى نصل الي حالة التشبع عند **منسوب المياه الجوفية Groundwater table**

---

## تطبيل الأراضى Water logging

يقال أنه حدث تطبيل للأرض إذا أصبح منسوب الماء الجوفي مرتفعاً جداً أو أصبح فوق سطح الأرض.

---

### المشاكل الناتجة من ارتفاع منسوب الماء الجوفي Water logging :

1. **زيادة ملوحة التربة في منطقة جذور النبات نتيجة تبخر المياه تاركة خلفها الأملاح.**
2. صعوبة القيام بالعمليات الزراعية من حرث وري وحصاد.
3. انتشار الأوبئة والحشرات الناتجة عن وجود البرك والمستنقعات في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية.

---

### كيفية التحكم فى منسوب الماء الجوفي Water logging control

1. تنظيم استخدام **مياه الري**.
2. **تبطين القنوات** والمجارى المائية حتى يمكن تقليل الرشح.
3. إنشاء **نظام صرف** على درجة عالية من الكفاءة لتقليل منسوب الماء الجوفي.
4. محاولة **استخدام الماء الجوفي** في الري إذا كان صالحاً للري وهذا يؤدى إلى تخفيض المنسوب.

---

### العلاقة بين نمو النبات وارتفاع منسوب الماء الجوفي:

نتيجة ارتفاع منسوب المياه الجوفية فإن جذر النبات لا يجد الهواء الكافي لتنفسه وبالتالي يقل حجمه وعليه يقل نمو النبات.

## Types of Drains أنواع المصارف

### 1- Laterals- field drains حقليات -Interceptors مصارف قاطعة

هي أولي درجات المصارف ومهمتها تجميع المياه من الأراضي الزراعية

### 2- Collectors مجمعات

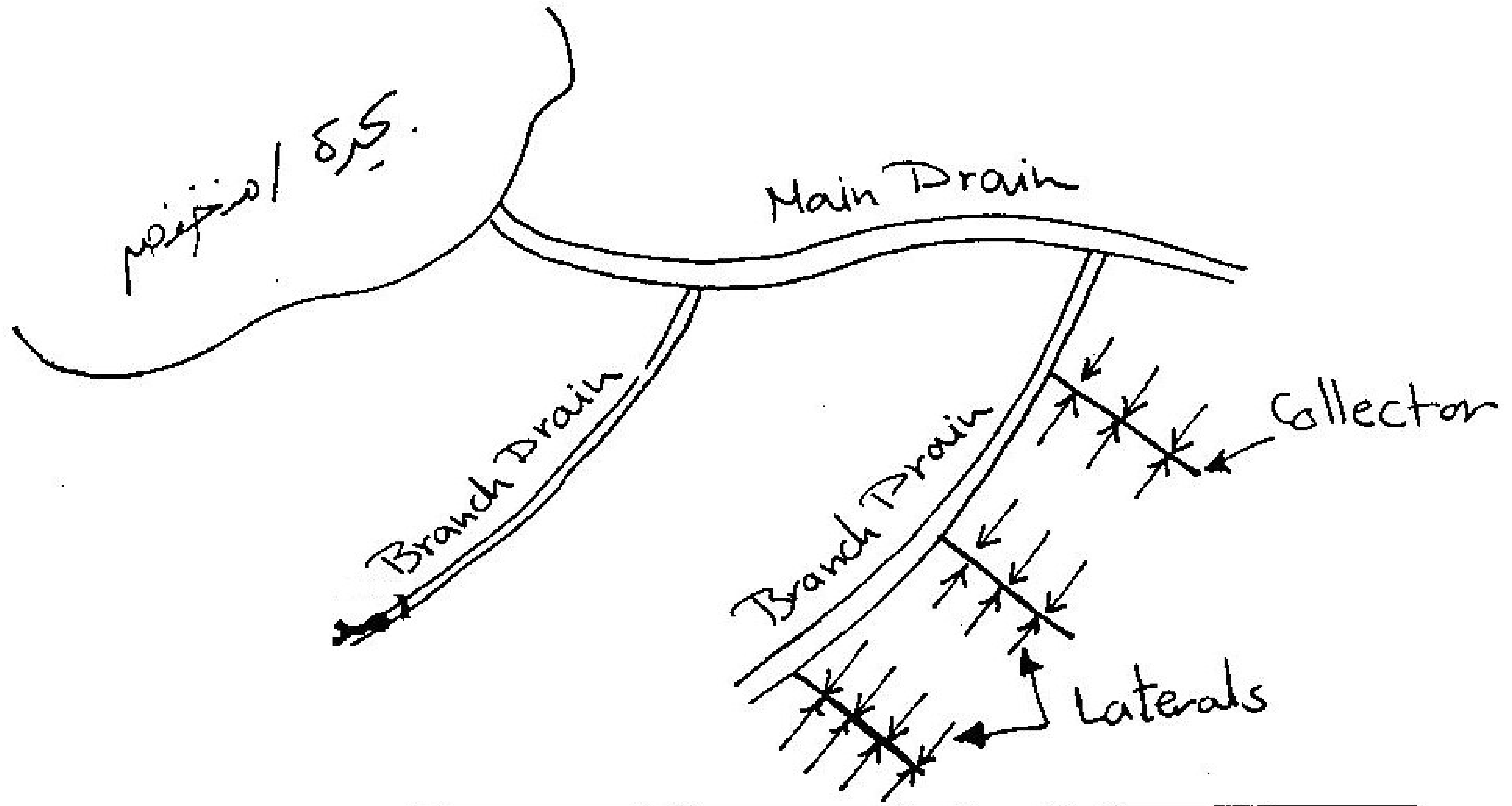
تجمع المياه من الحقليات وتوصلها للمصارف الفرعية.

### 3- Branch drains المصارف الفرعية

تأخذ المياه من المجمعات وتوصلها الي المصارف الرئيسية.

### 4- Main drains المصارف الرئيسية

تجمع المياه من المصارف الفرعية وتنقلها الي مكان صرفها (بحيرة-منخفض.....)




### Surface drainage or open drainage: الصرف السطحي أو المكشوف

هو التخلص من الماء الزائد عن حاجة النبات بإنشاء مجارى مائية مفتوحة"ditch" ومصارف حقلية مكشوفة " field drains" لها انحدارات وأعماق معينة.

## الصرف المغطى: Tile or cover or subsurface drainage

هو عملية التحكم في منسوب الماء الجوفي باستخدام المصارف المغطاة "Tile drains" وهي عبارة عن مواسير بأقطار مختلفة تحت سطح الأرض.

## مقارنة بين المصارف المكشوفة والمغطاة

## Comparison between open and covered drains

| المصارف المغطاة Covered drains | | المصارف المكشوفة Open drains | |
|---|---|---|---|
| تحتاج عملية إنشاء شبكة المصارف المغطاة إلى مستوى عالي من التكنولوجيا والعمالة المدربة. | -1 | سهلة الإنشاء. | -1 (+) |
| تكلفة الإنشاء الأولية مرتفعة. | -2 | تكلفة الإنشاء الأولية قليلة. | -2 (+) |
| زيادة مساحة الأرض المزروعة. | (+) -3 | تتسبب في إهدار جزء كبير من الأرض الزراعية. | -3 |
| لها كفاءة عالية في تخفيض منسوب الماء الجوفي. | (+) -4 | تكون أكثر كفاءة لصرف الماء السطحي "الجريان السطحي run off". | -4 |
| تكلفة الصيانة قليلة. | (+) -5 | تسبب نمو الحشائش والترسيب وتحتاج إلى صيانة مستمرة ومكلفة. | -5 |
| | | تحتاج إلى مواد قليلة للتنفيذ. | 6 (+) |

## مميزات الصرف المغطى:

1- زيادة مساحة الأرض الزراعية نتيجة توفير المساحة التي كانت تشغلها شبكة الصرف الحقلي المكشوف.

2- تخفيض منسوب الماء الجوفي وبالتالي تحسين التهوية في منطقة الجذور.

3- توفير نفقات تطهير المصارف المكشوفة وصيانتها.

4- المصارف المغطاة تقلل من تلوث البيئة.

5- عدم تقسيم الأرض الزراعية إلى مساحات صغيرة كما في حالة المصارف المكشوفة وبالتالي سهولة خدمة الأرض و استخدام المعدات الزراعية.

6- توفير تكاليف إنشاء وصيانة أعمال الري الصناعية التي تصاحب إنشاء شبكات المصارف المكشوفة.

---

## مكونات شبكة الصرف المغطى

## Layout of subsurface drainage system

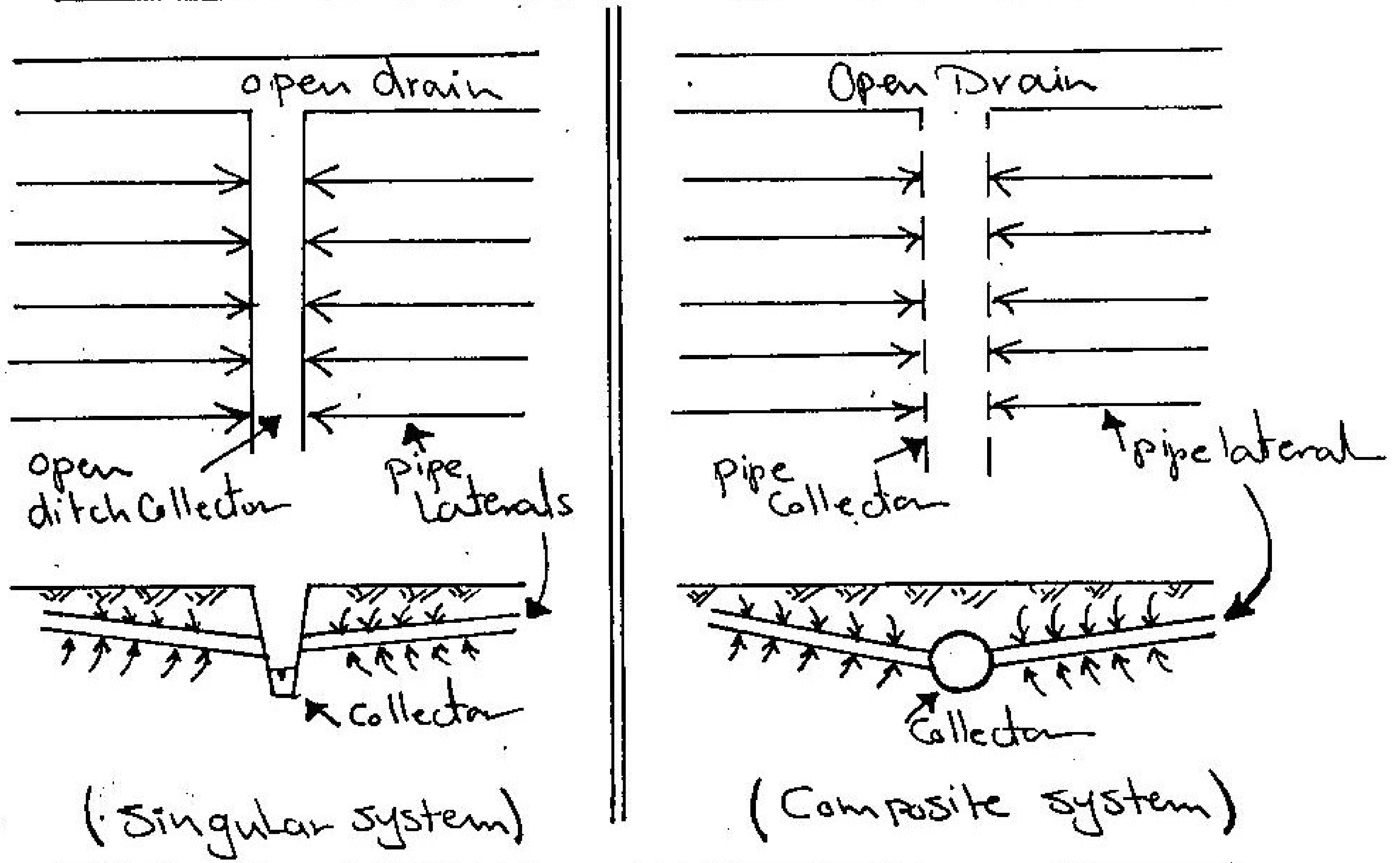
**توجد طريقتان لتصميم وتنفيذ شبكة الصرف المغطي :**

### 1- Singular System النظام الفردي

ويتكون هذا النظام من مصارف حقلية مغطاة وتسمي **حقليات "lateral drains"** وهي عبارة عن أنابيب بلاستيك مثقبة تدفن تحت سطح التربة عند أعماق محدده وبميول معينة حيث تقوم بتجميع الماء الجوفي وتوصيله إلي **مجمعات مكشوفة** "open ditch collector" **وباقي الشبكة مكشوفة.**

### 2- Composite System النظام المركب

في هذا النظام تقوم **الحقليات "laterals"** بتجميع الماء الجوفي وتصبه في مواسير أخري غير مثقبة ذات أقطار أكبر تسمي **"مجمعات" collectors وباقي الشبكة مكشوفة .**

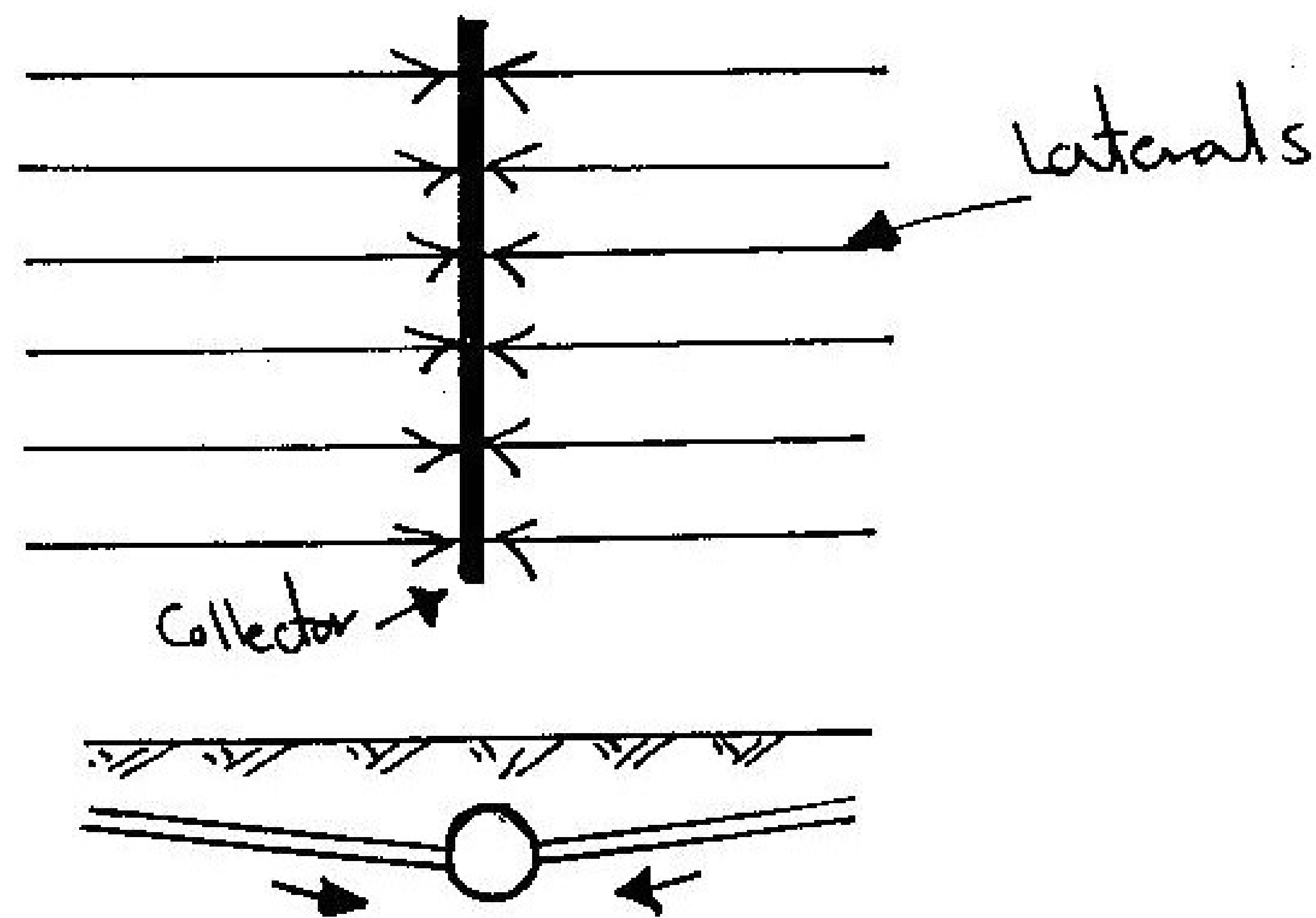



وينقسم الـ " **Composite system**" إلى عدة نماذج كالآتي :

**(1) النموذج المنتظم "Regular system" ؛ وهو نوعان :**

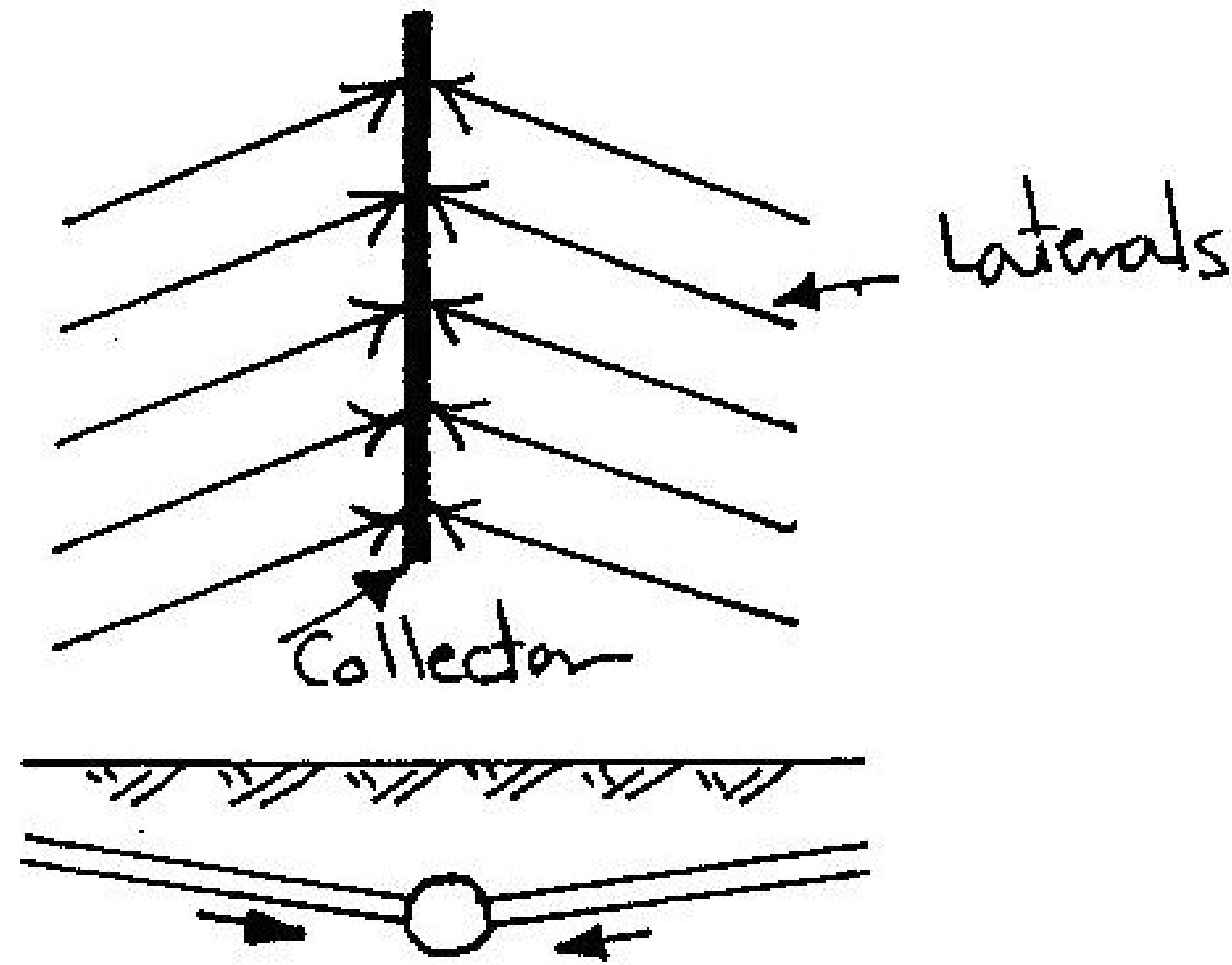
**أ- النموذج المتوازي أو الشبكي (Parallel or gridiron system) :**

ويصلح هذا النوع للأراضي الأفقية أو الأراضي منتظمة الانحدار في اتجاه واحد حيث تكون الحقليات "laterals" متعامدة علي المجمع "collector"



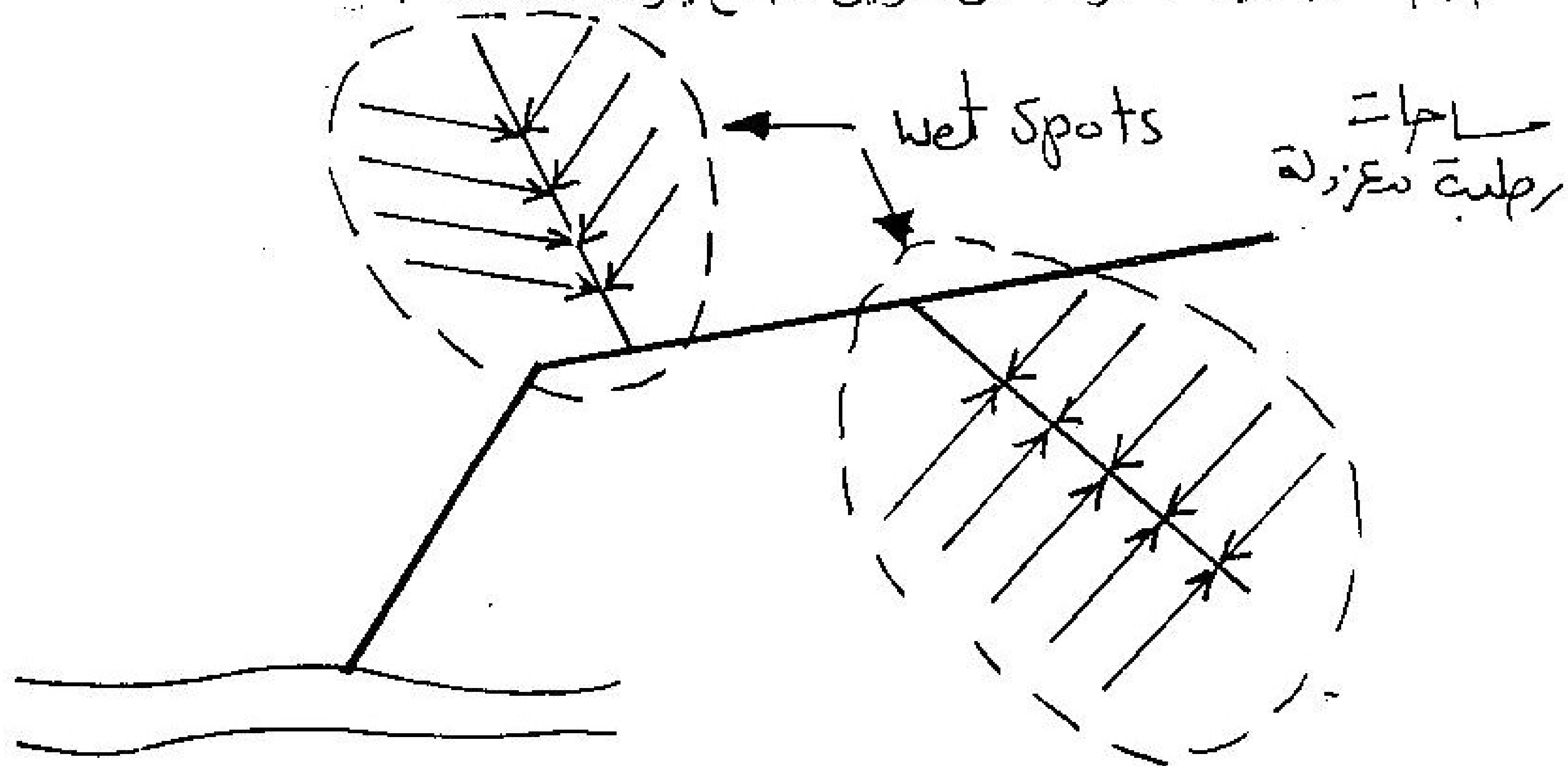
**ب- (herringbone system) :**

ويصلح للأراضي منتظمة الانحدارفي الاتجاهين حيث يوضع المجمع "collector" في المنخفض الرئيسي وتكون الحقليات "laterals" مائلة علي المجمع بزاوية حوالي $60^\circ$ .




**(2) النموذج العشوائي (random system) :**

وتستعمل هذه الطريقة في حالة وجود بعض المساحات الصغيرة المعزولة والمنخفضة حيث يتم وضع الحقليات في كل مساحة بالطريقة المناسبة لتلك المساحة ثم يتم سحب مياه الصرف عن طريق مجمع يتوسط المنطقة .

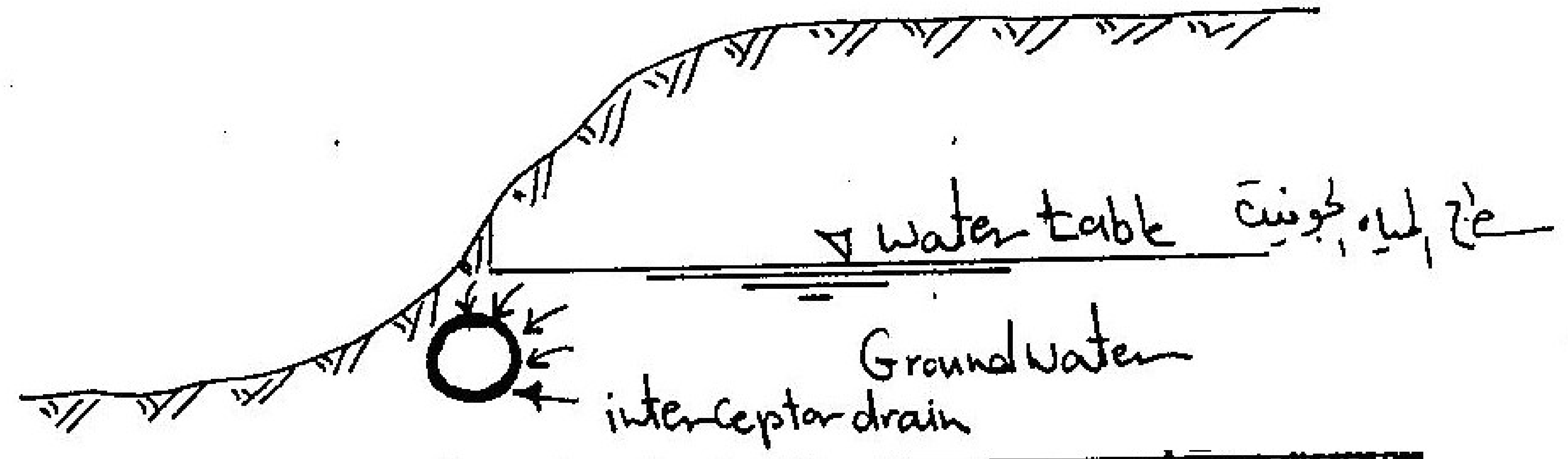





8

**(3) المصارف القاطعة (Cut off or interceptor drains) :**

يتم عمل هذه المصارف لقطع مسار المياه التي تتسرب من الأرض المرتفعة الي الأراضي المنخفضة المجاورة.




**مقارنة بين النظام الفردي والنظام المركب**

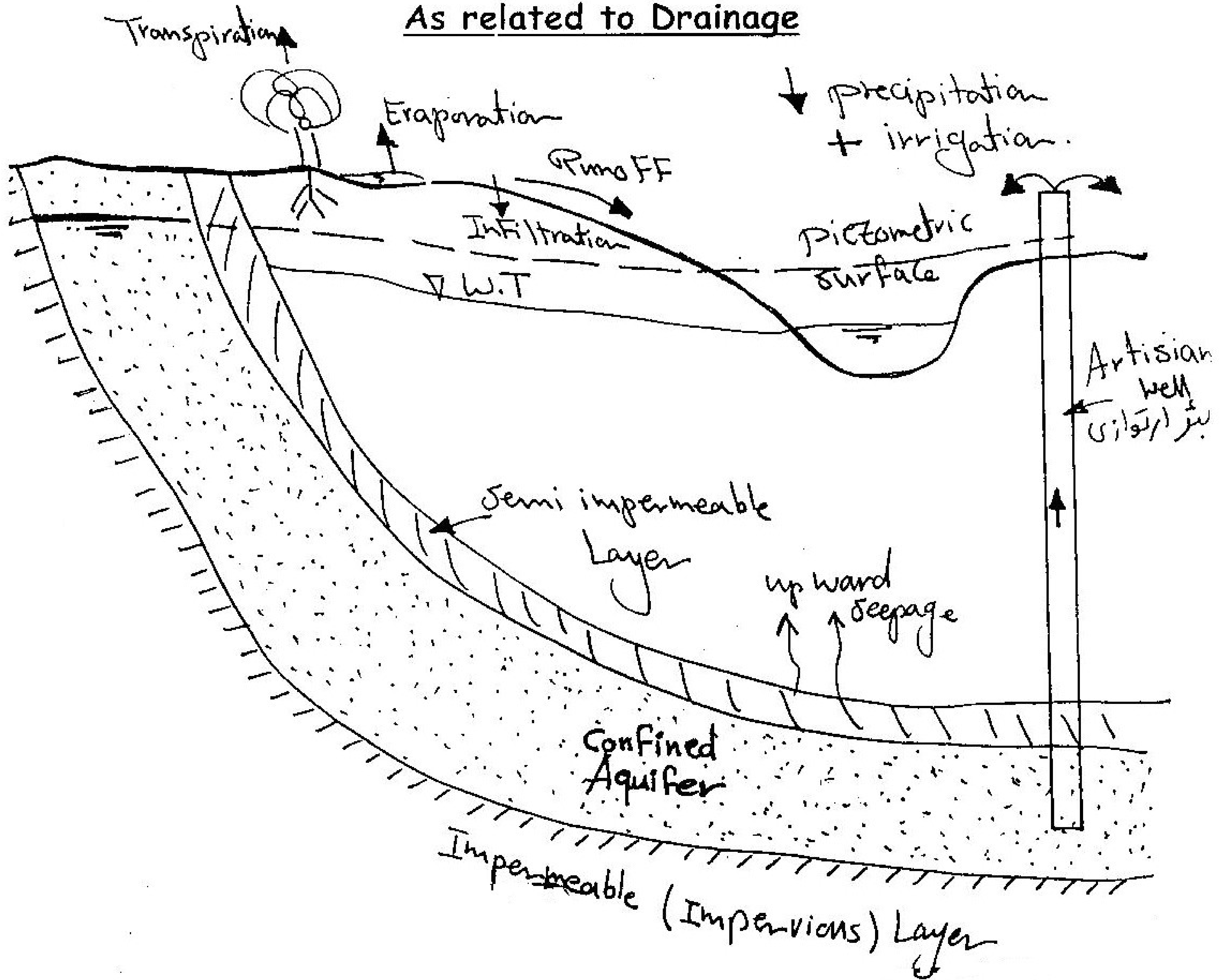
**Comparison between singular and composite system**

| النظام الفردي singular system | النظام المركب composite system |
| --- | --- |
| 1- تكاليف الإنشاء الأولية أقل من النظام المركب ولكن تكاليف صيانة المصارف الحقلية المكشوفة "ditches" كبيرة . | 1- تكلفة الإنشاء الأولية مرتفعة بالمقارنة بالنظام الفردي ولكنها تعتبر الأرخص علي المدى البعيد . |
| 2- إذا حدث انسداد في أحد الحقليات لا يؤثر في مساحة كبيرة . | 2- قد يحدث انسداد في مكان ما من المجمع Collector مما يؤثر علي كفاءة الصرف في مساحة كبيرة . |
| 3- تكون هناك مخارج "outlets" كثيرة علي المصرف الحقلي المكشوف مما يجعلها معرضة للتلف كما تعيق التطهير الآلي للمصرف المكشوف . | 3- يحتاج المجمع إلي درجة ميل كبيرة بالمقارنة بالمجمع المكشوف وبالتالي يكون هذا النظام مناسب أكثر للأراضي ذات الانحدارات . |

| | |
|---|---|
| لكن مع ذلك تكون تلك المخارج الكثيرة ملائمة لفحص وتنظيف الحقليات . <br><br> 4- تقل مساحة الأرض المزروعة نتيجة عمل المجمعات المكشوفة "ditches" | 4- زيادة مساحة الأرض المزروعة حيث لا يتم عمل "ditches" المجمعات المكشوفة. |

## (The hydrological cycle) دورة الماء في الطبيعة

## As related to Drainage



# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 2 صرف

El Fares

# Chapter (3)
# Design of drainage systems

يتم تصميم أنظمة الصرف للحصول علي المسافات بين المصارف سواء كانت مكشوفة أو مغطاه وذلك في حالات السريان المختلفة ( Steady and Non steady)

## Steady state flow حالة التدفق الثابت

في هذه الحالة يفترض أن كمية المياه المتساقطة على سطح الأرض تساوي كمية المياه التي يتم تصريفها من خلال المصارف وبالتالي لا يتغير منسوب سطح الماء الجوفي.

1- Donnan Equation
2- Hooghoudt Equation
3- Ernst Equation
4- Kirkham Equation

## Non-steady state flow حالة التدفق المتغير

في هذه الحالة يفترض أن كمية المياه المتساقطة على سطح الأرض لا تساوي كمية المياه التي يتم تصريفها من خلال المصارف وبالتالي يحدث تذبذب "Fluctuation" لسطح الماء الجوفي مع الزمن.

1- Glover Equation
2- Glover Dumm Equation
3- Jan van Schilfgaarde Equation
4- Amer-Luthin Equation

## Dupuit – Forchheimer assumptions فروض ديبوى – فورتشهيمر

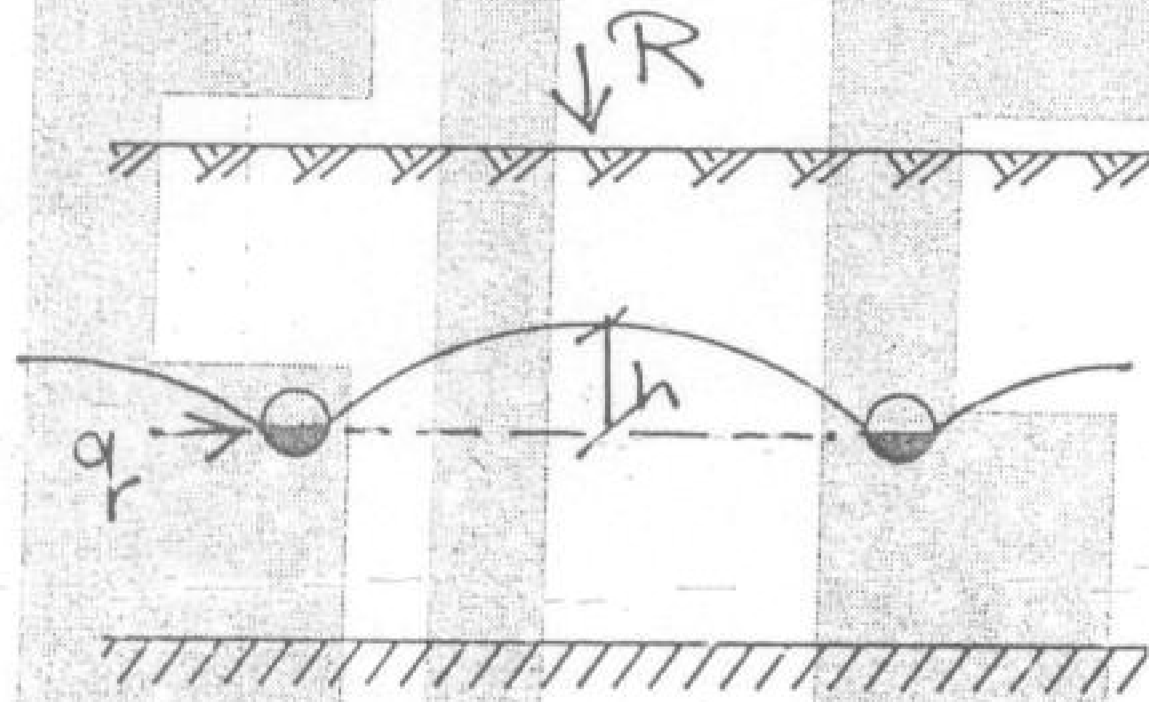
## Assumptions of Horizontal flow theory

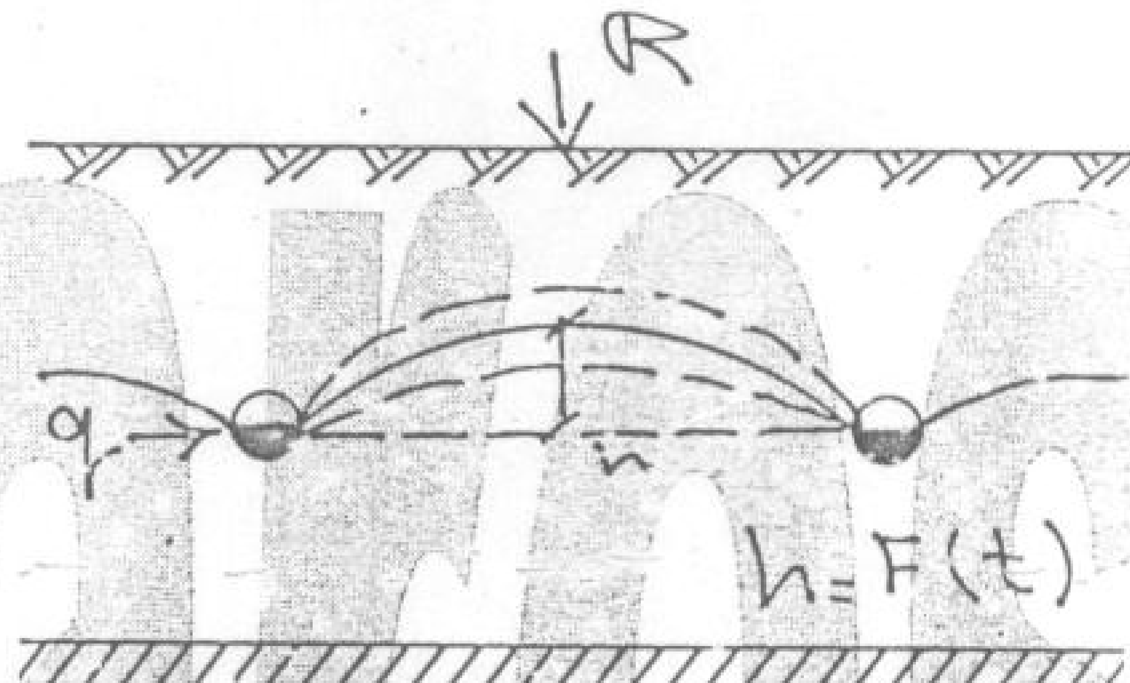
## فروض نظرية التدفق الأفقي

1- سرعة تدفق المياه إلى المصارف تتناسب مع ميل سطح الماء الحر.

2- في حالة الميول الصغيرة للسطح الحر فإن المياه تتحرك إلى المصارف في خطوط أفقية ومتوازية.

### Effect of drains on groundwater




R= q (h= constant) R ≠ q (h= Variable) متغير

Steady state Non-steady state

1- **Recharge rate (R)** معدل شحن المياه الجوفية بالماء

**R=Discharge/unit area → Velocity units (mm/day)**

2- **Drain discharge rate (q)** معدل دخول المياه للمصارف



(2)

## Steady state flow حالة التدفق الثابت

### 1- Donan equation or Ellipse equation "معادلة دونان"

تستخدم لتحديد المسافة بين المصارف الحقلية المكشوفة

"Spacing between ditches"

Im R= q homogenous Soil y h D y H q X Impermeable Layer. x L L/2-X

L: المسافة بين المصارف

D: عمق الماء في المصارف

h: ارتفاع منسوب الماء الجوفي فوق مستوي الماء في المصرف

R: معدل التساقط على سطح الأرض

q: معدل صرف الماء



$Q_x = q \times A$

$q = R$

$A = (L/2 - X) \times 1$

$Q_x = R\,(L/2 - X) \rightarrow$ ①

وكذلك يمكن تطبيق قانون دارسي Darcy's law لحساب التصرف الذي يمر الي المصرف الحقلي كالآتي:

$Q_x = k.A.i$ $\quad$ $i$ = hydraulic gradient $= \frac{dy}{dx}$

$Q_x = k.(y \times 1).\frac{dy}{dx} \rightarrow ②$

K = hydraulic conductivity معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة

From 1 , 2

$$k.y.\frac{dy}{dx} = R\,(L/2 - X)$$

$$\therefore\ k.y.dy = R\,(L/2 - X)dx$$

$$k \int y.dy = R \int (L/2 - X)\,dx$$

عن طريق اجراء التكامل من:

For $x = 0 \Rightarrow y = D$

For $x = L/2 \Rightarrow y = H$

$$\therefore\ k \int_D^H y.dy = R \int_0^{L/2} (L/2 - X)\,dx$$

$$k\left[\frac{y^2}{2}\right]_D^H = R\left[\frac{Lx}{2} - \frac{X^2}{2}\right]_0^{L/2}$$

$$K\,[H^2 - D^2] = R\left[\frac{L^2}{2} - \frac{L^2}{4}\right]$$

$$\therefore\ k\,[H^2 - D^2] = R\left[\frac{L^2}{4}\right]$$

$$\therefore\ L^2 = \frac{4K(H^2 - D^2)}{R}$$

**Donan equation**

$$H = D + h$$

$$H^2 = D^2 + 2Dh + h^2$$

$$\therefore \quad L^2 = \frac{4K(\cancel{D^2} + 2Dh + h^2 - \cancel{D^2})}{R}$$

$$L^2 = \frac{8\ K.D.h + 4\ K.h^2}{R}$$

بوضع "D=0" في المعادلة وذلك باعتبار عدم وجود مياه في المصرف ( المصرف جاف) :

$$\therefore \quad L^2 = \frac{4\ K.h^2}{R}$$

بينما إذا كانت قيمة "D" كبيرة جداً بالمقارنة بـ "h" تصبح المعادلة كالآتي:

$$\therefore \quad L^2 = \frac{8\ K.D.h}{R}$$

وإذا كانت التربة تتكون من طبقتين "Two-layered soil" بحيث يكون منسوب المصرف في المنطقة الفاصلة بين الطبقتين فإنه يمكن كتابة المعادلة كالآتي:

$$L^2 = \frac{8\ K_b.D.h + 4\ K_a.h^2}{R}$$

$K_a$ = hydraulic conductivity of layer above drain level.

$K_a$ = معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة "أعلى" منسوب المصرف.

$K_b$ = hydraulic conductivity of layer below drain level.

$K_b$ = معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة "أسفل" منسوب المصرف

## 2- Hooghoudt equation معادلة "هوخاوت"

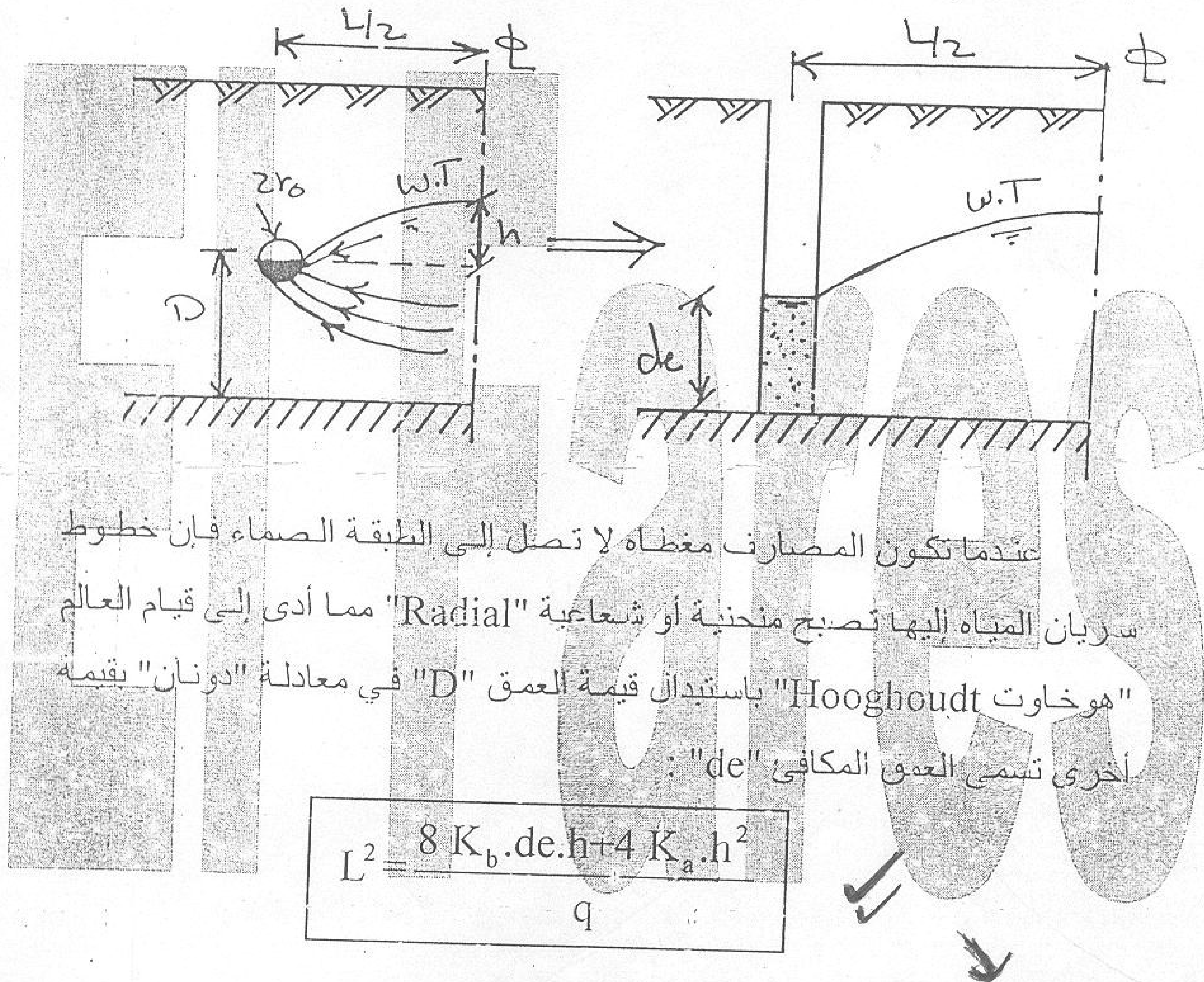
### (Assumptions) الفروض

1- التربة متجانسة ومعامل التوصيل الهيدروليكي لها = K .

2- الطبقة الصماء تقع تحت المصرف بمسافة مقدارها D .

3- يمكن تطبيق قانون " دراسي " على سريان المياه خلال التربة .

4- معدل صرف الماء من الأرض يساوي معدل دخولها الأرض.




عندما تكون المصارف مغطاه لا تصل إلى الطبقة الصماء فإن خطوط سريان المياه إليها تصبح منحنية أو شعاعية "Radial" مما أدى إلى قيام العالم "هوخاوت Hooghoudt" باستبدال قيمة العمق "D" في معادلة "دونان" بقيمه أخرى تسمى العمق المكافئ "de" :

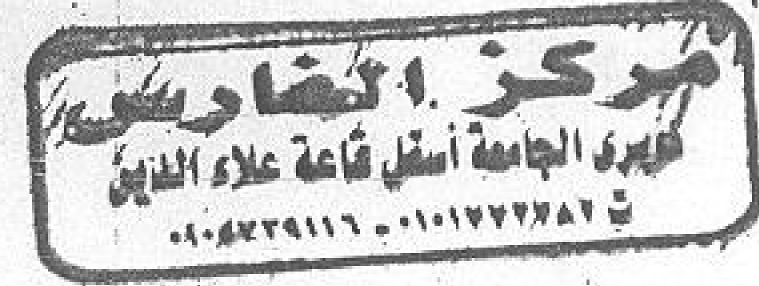
$$L^2 = \frac{8\,K_b.de.h + 4\,K_a.h^2}{q}$$

**For D/L ≤ 0.3 :** (الطبقة الصماء قريبة من المصرف)

$$de = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55 Ln \frac{D}{r_0} - 3.4\right]}$$

**For D/L> 0.3** : (الطبقة الصماء بعيدة عن المصرف)

$$de = \frac{L}{2.55[\ln\frac{L}{r_0} - 1.15]}$$




## Exercise No.2

### Question 1:

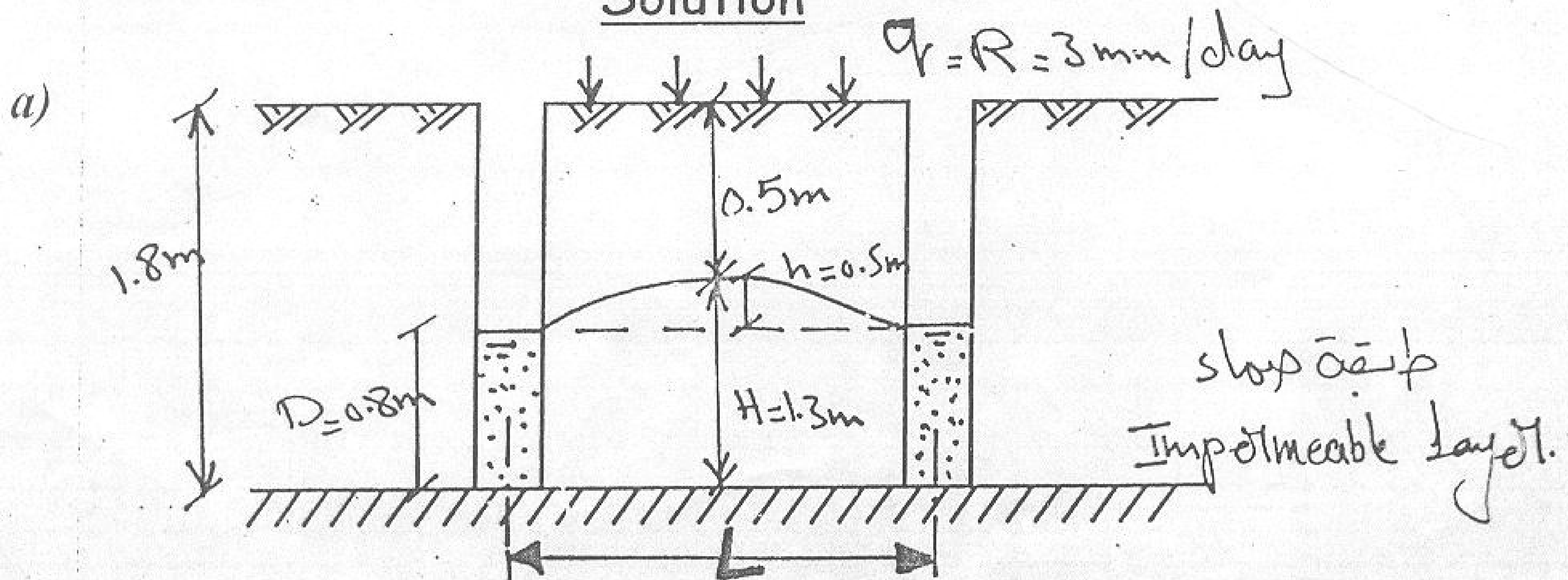
An impermeable layer exists at a depth of 1.8 m. what would be the drain spacing which prevents the water table to rise closer than 0.50 m from the soil surface when a steady rate of rainfall equals 3 mm/day prevails? The hydraulic conductivity of the soil = 0.8 m/day.

a) When parallel ditches with vertical walls reaching the impermeable layer are used and the height of water in the drains is 0.8 m.

b) When tile drains with 0.1 m diameter are installed at a depth of 1.0 m below the soil surface.

### Solution

a)



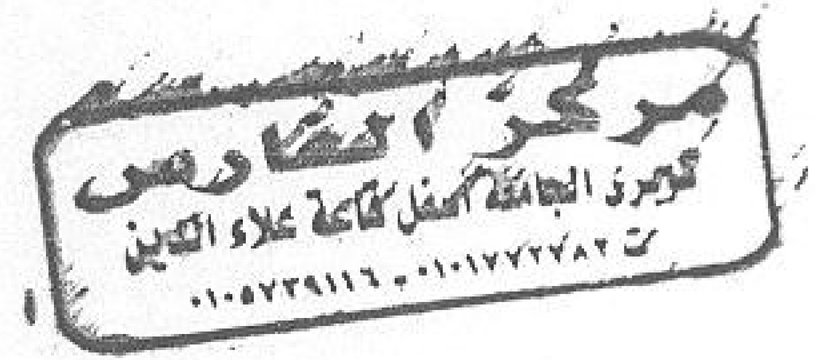
K = Hydraulic conductivity of the soil = 0.8 m/day

R = Rain fall = $3 * 10^{-3}$ m/day

**Using Donan equation:**

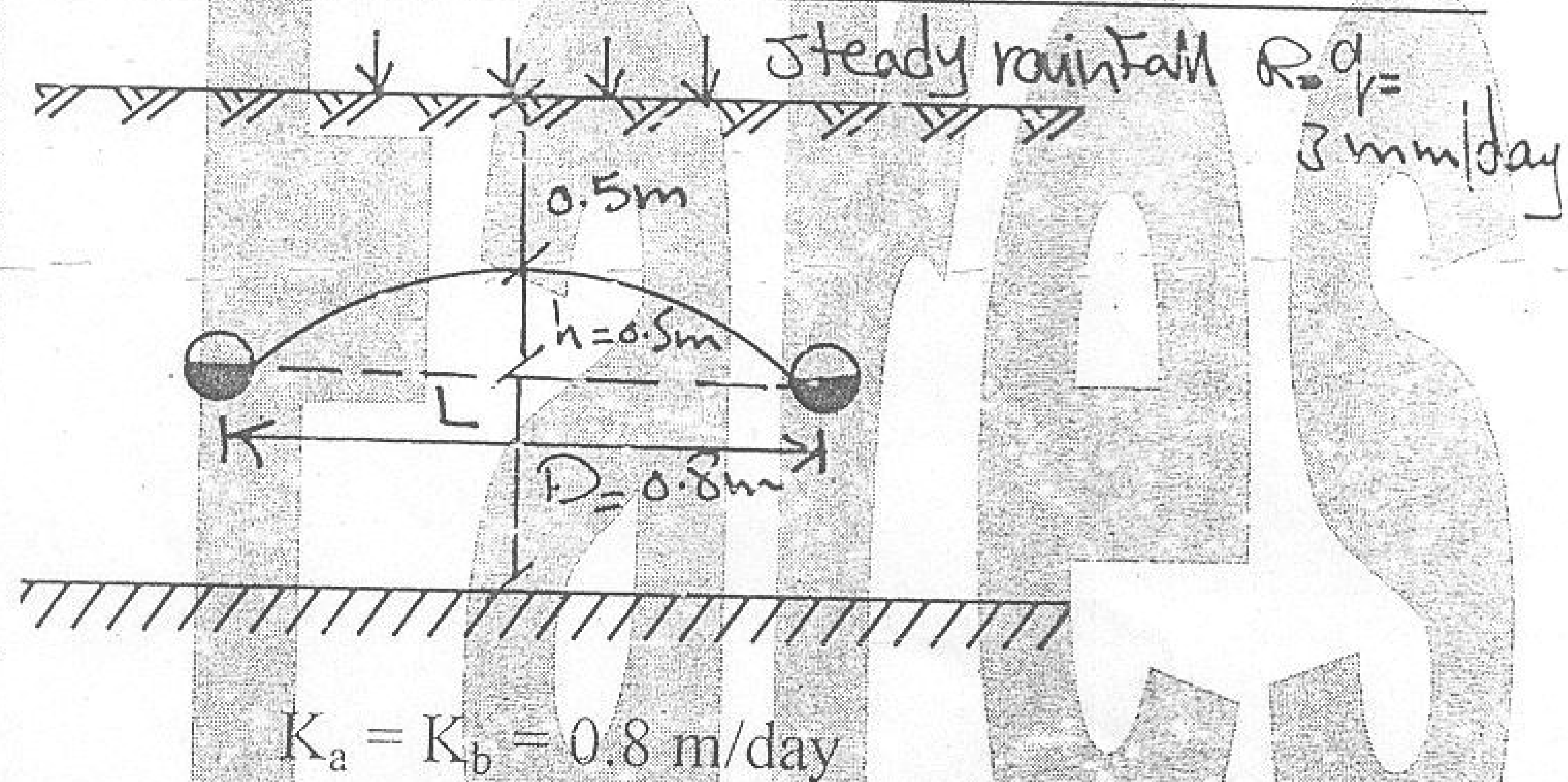
$$L^2 = \frac{4K(H^2 - D^2)}{R}$$

$$L^2 = \frac{4 * 0.8(1.3^2 - 0.8^2)}{3 * 10^{-3}}$$



$$\boxed{L = 33.5 \text{ m}}$$

b)




$K_a = K_b = 0.8$ m/day

**Using Hooghoudt equation:**

$$L^2 = \frac{8 K_b d_e h + 4 K_a h^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8 * 0.8 * d_e * 0.5 + 4 * 0.8 * 0.5^2}{3 * 10^{-3}}$$

$$L^2 = 1066.67 d_e + 266.67 \rightarrow (1)$$

$$\therefore L = \sqrt{1066.67 d_e + 266.67} \rightarrow (2)$$

(8)

**Assume (بفرض) D/L ≤ 0.3**

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55 \ln \frac{D}{r_o} - 3.4\right]}$$

$$d_e = \frac{0.8}{1 + \frac{0.8}{L}\left[2.55 \ln \frac{0.8}{0.05} - 3.4\right]} = \frac{0.8}{1 + \frac{2.9361}{L}} = \boxed{\frac{0.8\,L}{L + 2.9361}} \rightarrow (3)$$

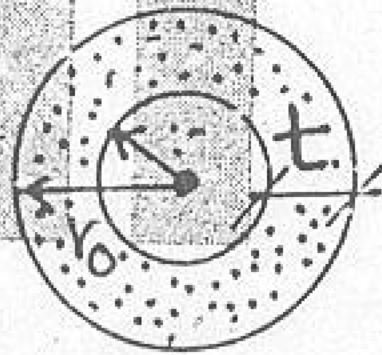
| $L_{assumed}$ | D/L | $d_e$ | L |
|---|---|---|---|
| 30 | 0.027 | 0.729 | 32.31 |
| 32.31 | 0.025 | 0.733 | 32.39 |
| 32.39 | | 0.734 | 32.39 |

$\therefore\ L = 32.39\ \ m$



**ملاحظة :**

- إذا كان المصرف المغطى نصف قطره (r) ومحاط " بمرشح envelope " سمكه (t) فإن ($r_o$) التي تستخدم في القانون هي :




$$r_o = r + t$$

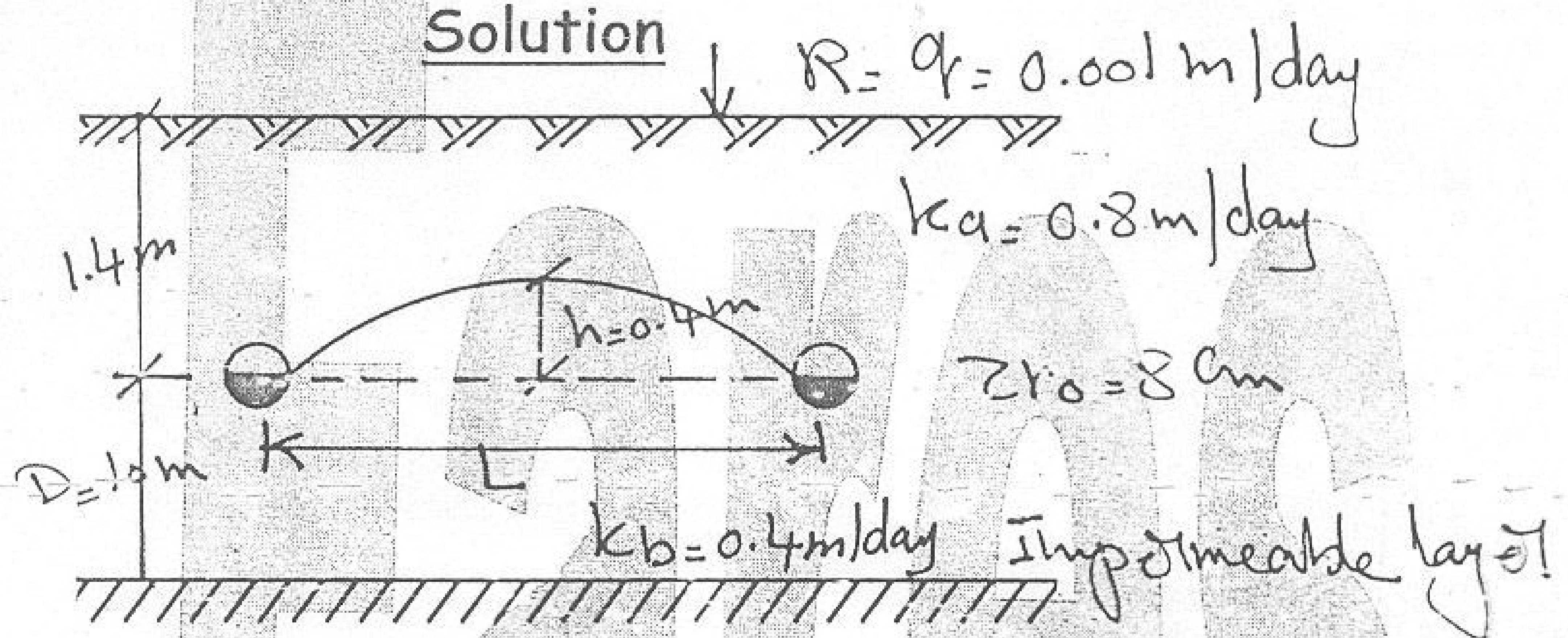


9

## Question 2:

Compute the drain spacing when pipes 8 cm diameter are used and installed at 1.40 m below soil surface and 10 m above impermeable layer if the hydraulic conductivity of the soil above drain level is 0.80 m/day and below the drains 0.40 m/day. The water table height above drain level should not exceed 0.40 m due to steady rainfall of 0.001 m/day.

### Solution




**Hooghout equation:**

$$L^2 = \frac{8\,K_b\,d_e\,h + 4\,K_a\,h^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8 * 0.4 * d_e * 0.4 + 4 * 0.8 * 0.4^2}{0.001}$$

$$\therefore\ L = \sqrt{1280\,d_e + 512}$$

**Assume D/L ≤ 0.3**

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55 \ln\frac{D}{r_o} - 3.4\right]}$$

(10)

$$d_e = \frac{10}{1 + \frac{10}{L}\left[2.55 \ln\frac{10}{0.04} - 3.4\right]} = \boxed{\frac{10}{1 + \frac{106.797}{L}}}$$

| $L_{assumed}$ | D/L | $d_e$ | L |
|---|---|---|---|
| 50 | 0.2 | 3.18884 | 67.78 |
| 75 | 0.133 | 4.12548 | 76.11 |
| 76.5 | | 4.17355 | 76.51 |
| 76.51 | | 4.17387 | 76.51 |

$\therefore$ L = 76.51 m

## Question 4:

**The water table height above drain level midway between drains was measured and also the corresponding discharge of the drain per unit length. The results were as follows:**

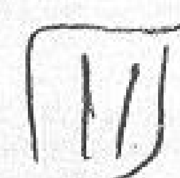
| h (m) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.62 | 0.48 | 0.4 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $(Q\times10^{-3})$ (liter/sec/m') | 1.34 | 1.16 | 1.02 | 0.88 | 0.65 | 0.56 | 0.32 |

**What are the hydraulic conductivity of the soil and the depth of impermeable layer below the drain if the drain spacing is 40 m and the drain effective diameter is 0.20 meter?**



## Solution

(q) في معادلة (Hooghoudt) على الصورة ($q_{m/day}$) .



$$Q_{(m^3/day/m^\backslash)} = \frac{Q_{(l/sec/m^\backslash)} * 24 * 60 * 60}{1000}$$

$$Q = q \cdot L \quad \Rightarrow \quad q_{(m/day)} = \frac{Q_{(m^3/day/m^\backslash)}}{L\,(=40m)}$$

| h (m) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.62 | 0.48 | 0.4 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q*10^{-3}$ (l/sec/m\) | 1.34 | 1.16 | 1.02 | 0.88 | 0.65 | 0.56 | 0.32 |
| $Q*10^{-3}$ ($m^3$/day/m\) | 115.78 | 100.22 | 88.13 | 76.03 | 56.16 | 48.38 | 27.65 |
| $q*10^{-3}$ (m/day) | 2.89 | 2.51 | 2.2 | 1.9 | 1.4 | 1.21 | 0.69 |
| $(q*10^{-3})$ / h ($day^{-1}$) | 3.21 | 3.14 | 3.14 | 3.06 | 2.92 | 3.03 | 2.76 |

$$L^2 = \frac{8\,K\,d_e\,h + 4\,K\,h^2}{q} \qquad \text{Hooghout}$$

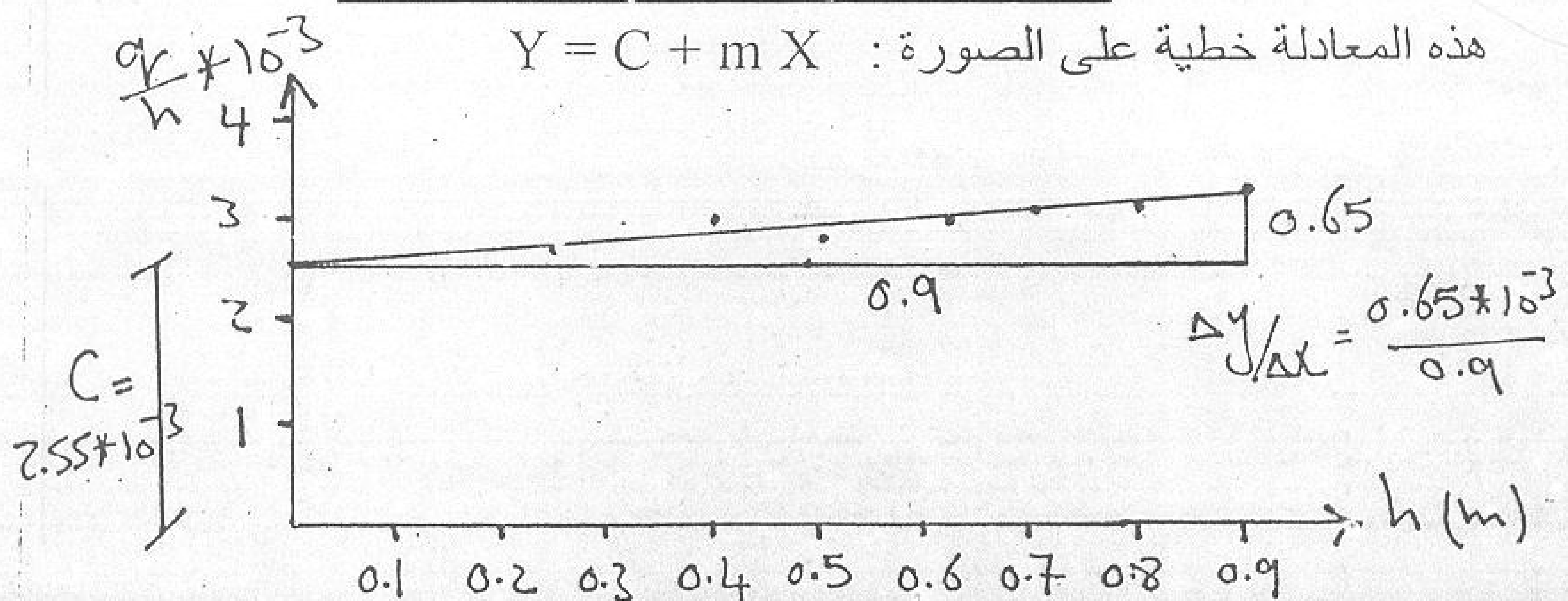
$$q = \frac{8\,K\,d_e\,h + 4\,K\,h^2}{L^2}$$

$$\frac{q}{h} = \frac{8\,K\,d_e + 4\,K\,h}{L^2}$$

$$L^2 = 40^2$$

$$\frac{q}{h} = 0.005\,K\,d_e + 0.0025\,K\,h$$

هذه المعادلة خطية على الصورة : Y = C + m X



C = constant = 0.005 K $d_e$

m = 0.0025 K = Slope = tan θ

$$\tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.65*10^{-3}}{0.9} = 0.0025\ K$$

$$\therefore\ K = 0.289 \quad m/day$$

$$0.005\ K\ d_e = 2.55 * 10^{-3} \quad \rightarrow \quad d_e = 1.76 \quad m$$

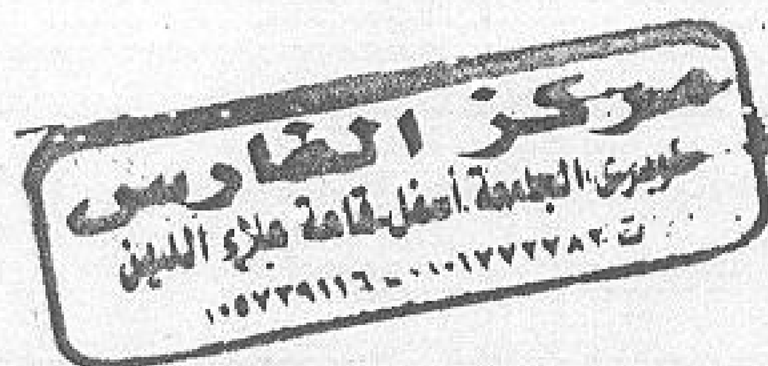
**Assume D/L ≤ 0.3**

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55 \ln\frac{D}{r_o} - 3.4\right]}$$

$$d_e = 1.76 = \frac{D}{1 + \frac{D}{40}\left[2.55 \ln\frac{D}{0.1} - 3.4\right]}$$

| $D_{ass.}$ | D/L | $d_e$ |
|---|---|---|
| 1 | 0.025 | 0.9418 |
| 2 | 0.05 | 1.65 |
| 2.5 | 0.0625 | 1.9223 |
| 2.3 | 0.0575 | 1.8193 |
| 2.2 | 0.055 | 1.7649 |

$$\therefore\ D = 2.2 \quad m$$




13

# Irrigation & Drainage Engineering

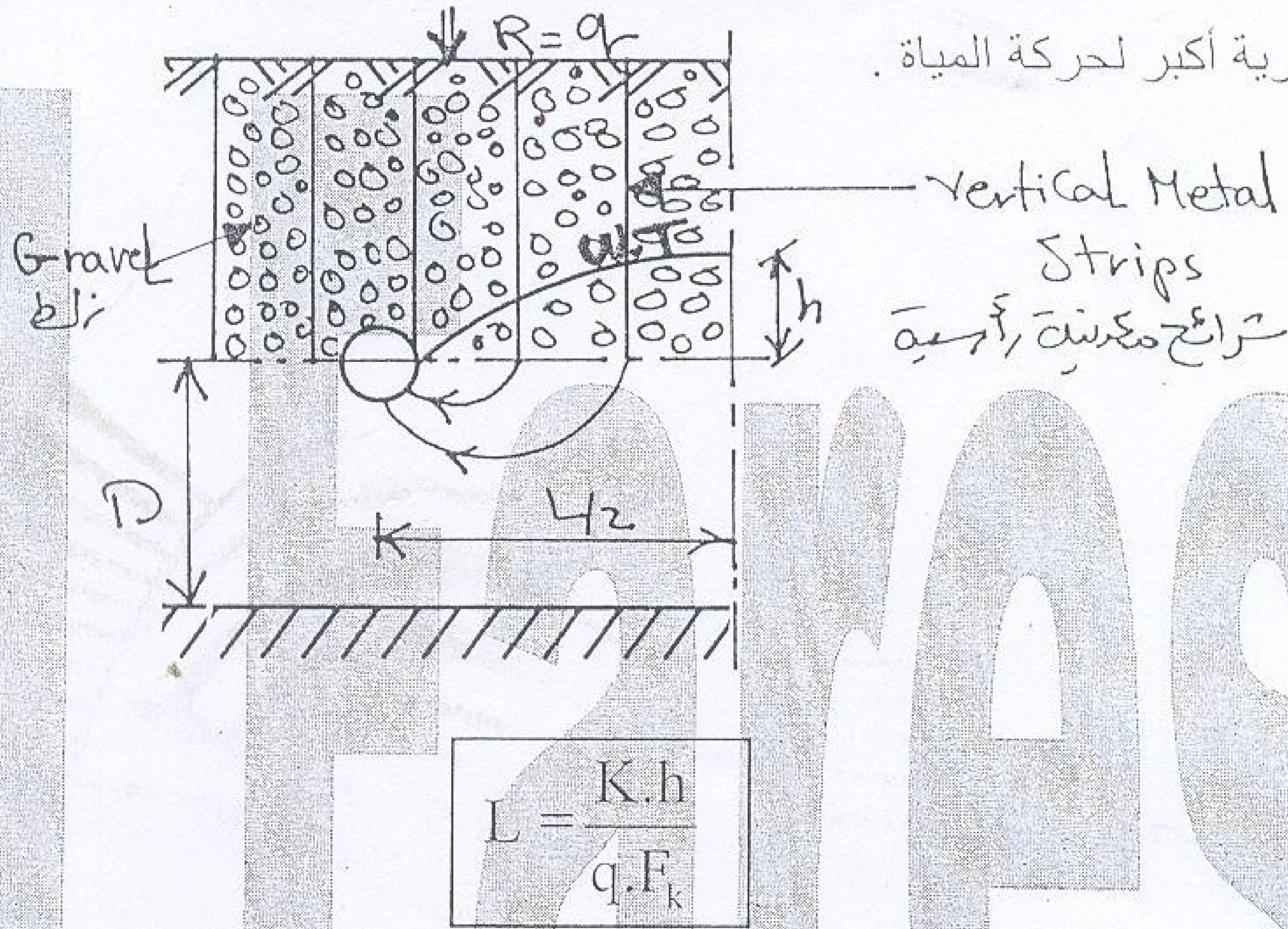
2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 3 صرف

## 3- Kirkham equation : معادلة كيركهام

افترض كيركهام عدم وجود فقد في الطاقة في المنطقة بين سطح الماء ومنسوب المصرف وعدم وجود تدفق أفقي للمياه إلي المصرف وذلك بان تخيل وجود عدد كبير من الشرائح المعدنية التي تمنع الحركة الأفقية . وفي نفس الوقت سمح بأكبر قدر من الحركة الرأسية للمياه إلي المصرف وذلك باستبدال التربة في المنطقة أعلي منسوب المصرف بحبيبات زلط من الحجم الكبير Coarse gravel والتي تعطي حرية أكبر لحركة المياة .




$$L = \frac{K.h}{q.F_k}$$

$F_k$ = معامل كيركهام ونحصل عليه من الجداول عن طريق (L/D) و $(D/2r_o)$

وإذا كانت قيمة D كبيرة جدا :

$$F_k = \frac{1}{\pi} Ln \frac{L}{\pi r_o} \qquad D/L > 0.25$$

بعد ذلك قام كيركهام بتصحيح معادلته السابقة في الوضع الحقيقي وهو أن تلك المنطقة مملوءة بالتربة Soil .

$$L = \frac{k_b.h}{q} \times \frac{1 - (q/k_a)}{F_k}$$

Values of $F_K$ (Kirkham coefficient)

| L/D<br>D/2r₀ | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8192 | 2.725 | 2.691 | 2.653 | 2.611 | 2.562 | 2.504 | 2.433 | 2.341 | 2.212 | 1.992 |
| 4096 | 2.504 | 2.470 | 2.433 | 2.390 | 2.341 | 2.283 | 2.212 | 2.121 | 1.992 | 1.771 |
| 2048 | 2.283 | 2.250 | 2.212 | 2.170 | 2.121 | 2.063 | 1.992 | 1.900 | 1.771 | 1.550 |
| 1024 | 2.063 | 2.029 | 1.992 | 1.949 | 1.900 | 1.842 | 1.771 | 1.679 | 1.550 | 1.330 |
| 512 | 1.842 | 1.808 | 1.771 | 1.728 | 1.679 | 1.621 | 1.550 | 1.459 | 1.330 | 1.109 |
| 256 | 1.621 | 1.588 | 1.550 | 1.508 | 1.459 | 1.401 | 1.330 | 1.238 | 1.109 | 0.888 |
| 128 | 1.401 | 1.367 | 1.330 | 1.287 | 1.238 | 1.180 | 1.109 | 1.017 | 0.888 | 0.668 |
| 64 | 1.180 | 1.147 | 1.109 | 1.067 | 1.017 | 0.959 | 0.888 | 0.797 | 0.668 | 0.447 |
| 32 | 0.959 | 0.926 | 0.888 | 0.846 | 0.797 | 0.739 | 0.668 | 0.576 | 0.447 | 0.226 |
| 16 | 0.739 | 0.705 | 0.668 | 0.625 | 0.576 | 0.518 | 0.447 | 0.356 | 0.226 | 0.006 |
| 8 | 0.518 | 0.485 | 0.447 | 0.405 | 0.356 | 0.298 | 0.226 | 0.135 | 0.006 | |
| 4 | 0.298 | 0.264 | 0.226 | 0.184 | 0.135 | 0.077 | 0.006 | | | |
| 2 | 0.077 | 0.043 | 0.006 | | | | | | | |

| L/D<br>D/2r₀ | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8192 | 3.975 | 3.850 | 3.725 | 3.600 | 3.474 | 3.349 | 3.220 | 3.094 | 2.948 | 3.725 |
| 4096 | 3.754 | 3.629 | 3.504 | 3.379 | 3.254 | 3.129 | 3.003 | 2.873 | 2.727 | 2.504 |
| 2048 | 3.533 | 3.408 | 3.283 | 3.158 | 3.033 | 2.908 | 2.782 | 2.653 | 2.506 | 2.283 |
| 1024 | 3.313 | 3.188 | 3.063 | 2.938 | 2.813 | 2.687 | 2.561 | 2.432 | 2.286 | 2.063 |
| 512 | 3.092 | 2.967 | 2.842 | 2.717 | 2.592 | 2.467 | 2.341 | 2.211 | 2.065 | 1.842 |
| 256 | 2.871 | 2.746 | 2.621 | 2.496 | 2.371 | 2.246 | 2.120 | 1.991 | 1.844 | 1.621 |
| 128 | 2.651 | 2.526 | 2.401 | 2.276 | 2.151 | 2.025 | 1.900 | 1.770 | 1.624 | 1.401 |
| 64 | 2.430 | 2.305 | 2.180 | 2.055 | 1.930 | 1.805 | 1.679 | 1.549 | 1.403 | 1.180 |
| 32 | 2.209 | 2.084 | 1.959 | 1.834 | 1.709 | 1.584 | 1.458 | 1.329 | 1.182 | 0.959 |
| 16 | 1.989 | 1.864 | 1.739 | 1.614 | 1.489 | 1.364 | 1.238 | 1.108 | 0.962 | 0.739 |
| 8 | 1.768 | 1.643 | 1.518 | 1.393 | 1.268 | 1.143 | 1.017 | 0.887 | 0.741 | 0.518 |
| 4 | 1.546 | 1.421 | 1.296 | 1.171 | 1.047 | 0.921 | 0.796 | 0.666 | 0.520 | 0.298 |
| 2 | 1.322 | 1.197 | 1.072 | 0.948 | 0.823 | 0.698 | 0.573 | 0.445 | 0.300 | 0.077 |
| 1 | 1.085 | 0.961 | 0.838 | 0.714 | 0.591 | 0.469 | 0.346 | 0.221 | 0.078 | |
| 0.5 | 0.809 | 0.688 | 0.568 | 0.450 | 0.333 | 0.218 | 0.104 | | | |
| 0.25 | 0.429 | 0.322 | 0.217 | 0.117 | 0.023 | | | | | |

| L/D | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D/2r_o$ | | | | | | | | | | |
| 8192 | 8.975 | 8.350 | 7.725 | 7.100 | 6.475 | 5.850 | 5.225 | 4.600 | 3.975 | 3.349 |
| 4096 | 8.754 | 8.129 | 7.504 | 6.879 | 6.254 | 5.629 | 5.004 | 4.379 | 3.754 | 3.129 |
| 2048 | 8.533 | 7.908 | 7.283 | 6.658 | 6.033 | 5.408 | 4.783 | 4.158 | 3.533 | 2.908 |
| 1024 | 8.313 | 7.688 | 7.063 | 6.438 | 5.813 | 5.188 | 4.563 | 3.938 | 3.313 | 2.687 |
| 512 | 8.092 | 7.467 | 6.842 | 6.217 | 5.592 | 4.967 | 4.342 | 3.717 | 3.092 | 2.467 |
| 256 | 7.871 | 7.246 | 6.621 | 5.996 | 5.371 | 4.746 | 4.121 | 3.496 | 2.871 | 2.246 |
| 128 | 7.651 | 7.026 | 6.401 | 5.776 | 5.151 | 4.526 | 3.901 | 3.276 | 2.651 | 2.025 |
| 64 | 7.430 | 6.805 | 6.180 | 5.555 | 4.930 | 4.305 | 3.680 | 3.055 | 2.430 | 1.805 |
| 32 | 7.209 | 6.584 | 5.959 | 5.334 | 4.709 | 4.084 | 3.459 | 2.834 | 2.209 | 1.584 |
| 16 | 6.989 | 6.364 | 5.739 | 5.114 | 4.489 | 3.864 | 3.239 | 2.614 | 1.989 | 1.364 |
| 8 | 6.768 | 6.143 | 5.518 | 4.893 | 4.268 | 3.643 | 3.018 | 2.393 | 1.768 | 1.143 |
| 4 | 6.546 | 5.921 | 5.296 | 4.671 | 4.046 | 3.421 | 2.796 | 2.171 | 1.546 | 0.921 |
| 2 | 6.319 | 5.694 | 5.070 | 4.445 | 3.820 | 3.195 | 2.570 | 1.946 | 1.322 | 0.698 |
| 1 | 6.077 | 5.452 | 4.827 | 4.203 | 3.578 | 2.954 | 2.330 | 1.707 | 1.085 | 0.469 |
| 0.5 | 5.774 | 5.150 | 4.526 | 3.903 | 3.280 | 2.658 | 2.038 | 1.420 | 0.809 | 0.218 |
| 0.25 | 5.290 | 4.669 | 4.049 | 3.431 | 2.815 | 2.202 | 1.595 | 1.000 | 0.429 | |

| L/D | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D/2r_o$ | | | | | | | | | | |
| 8192 | 15.224 | 13.974 | 12.724 | 11.475 | 10.225 | 8.975 | 7.725 | 6.475 | 5.225 | 3.975 |
| 4096 | 15.004 | 13.754 | 12.504 | 11.254 | 10.004 | 8.754 | 7.504 | 6.254 | 5.004 | 3.754 |
| 2048 | 14.783 | 13.533 | 12.283 | 11.033 | 9.783 | 8.533 | 7.283 | 6.033 | 4.783 | 3.533 |
| 1024 | 14.563 | 13.313 | 12.063 | 10.813 | 9.563 | 8.313 | 7.063 | 5.813 | 4.563 | 3.313 |
| 512 | 14.342 | 13.092 | 11.842 | 10.592 | 9.342 | 8.092 | 6.842 | 5.592 | 4.342 | 3.092 |
| 256 | 14.121 | 12.871 | 11.621 | 10.371 | 9.121 | 7.871 | 6.621 | 5.371 | 4.121 | 2.871 |
| 128 | 13.901 | 12.651 | 11.401 | 10.151 | 8.901 | 7.651 | 6.401 | 5.151 | 3.901 | 2.651 |
| 64 | 13.680 | 12.430 | 11.180 | 9.930 | 8.680 | 7.430 | 6.180 | 4.930 | 3.680 | 2.430 |
| 32 | 13.459 | 12.209 | 10.959 | 9.709 | 8.459 | 7.209 | 5.959 | 4.709 | 3.459 | 2.209 |
| 16 | 13.239 | 11.989 | 10.739 | 9.489 | 8.239 | 6.989 | 5.739 | 4.489 | 3.239 | 1.989 |
| 8 | 13.018 | 11.768 | 10.518 | 9.268 | 8.018 | 6.768 | 5.518 | 4.268 | 3.018 | 1.768 |
| 4 | 12.796 | 11.546 | 10.296 | 9.046 | 7.796 | 6.546 | 5.296 | 4.046 | 2.796 | 1.546 |
| 2 | 12.569 | 11.319 | 10.069 | 8.819 | 7.569 | 6.319 | 5.070 | 3.820 | 2.570 | 1.322 |
| 1 | 12.325 | 11.076 | 9.826 | 8.576 | 7.326 | 6.077 | 4.827 | 3.578 | 2.330 | 1.085 |
| 0.5 | 12.019 | 10.770 | 9.520 | 8.271 | 7.022 | 5.774 | 4.526 | 3.280 | 2.038 | 0.809 |
| 0.25 | 11.520 | 10.273 | 9.025 | 7.779 | 6.533 | 5.290 | 4.049 | 2.815 | 1.595 | 0.429 |

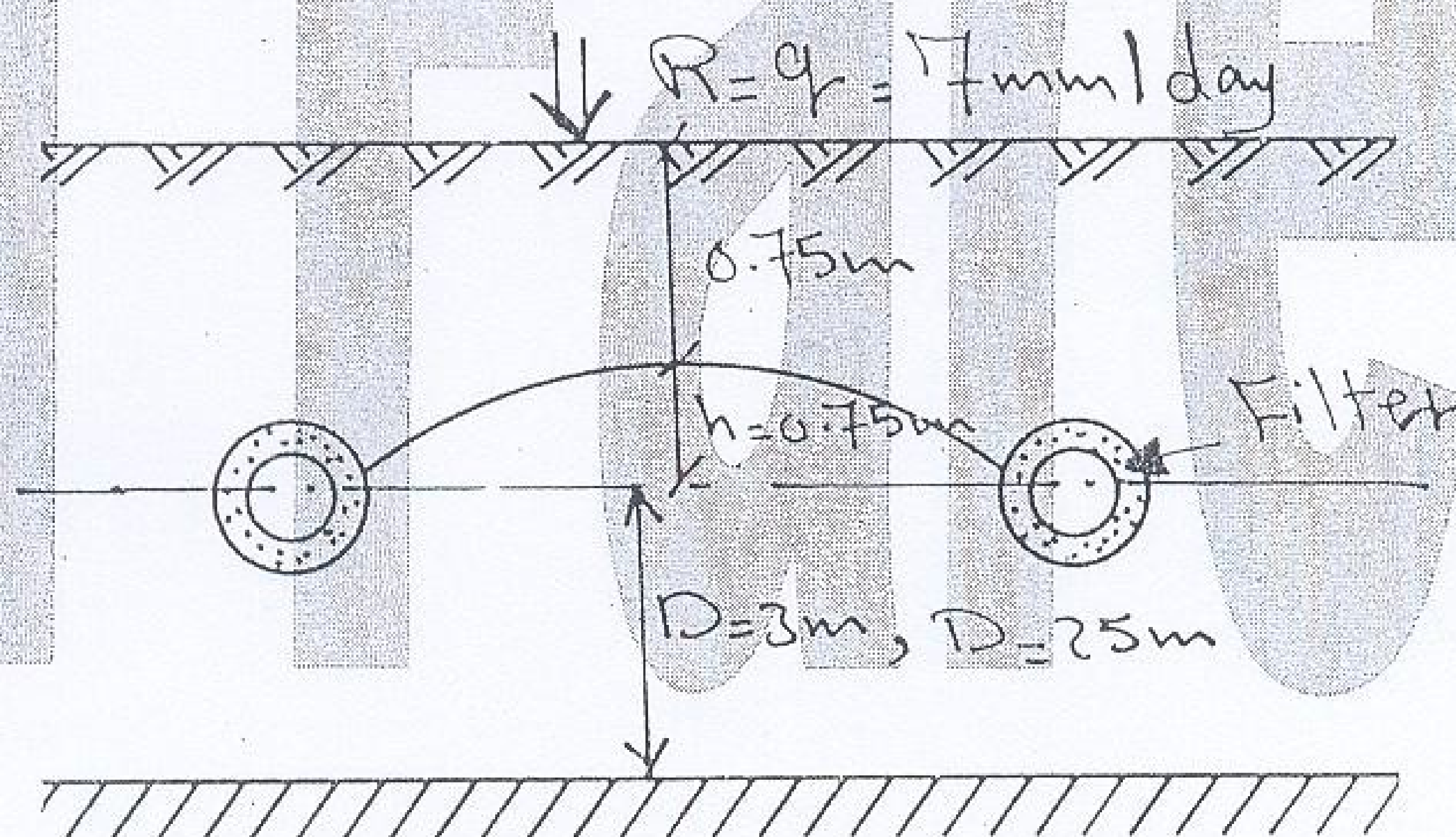
## Examples

Compare the spacing between drains in steady state condition when computed with Hooghoudt equation and kirkham equation , when the rate of precipitation is 7 mm/day , the soil hydraulic conductivity is 1.0 m /day and the effective diameter of the drain is 0.10 m , and 5 cm of gravel envelope is used around the pipes . The drain depth is 1.5 m and the depth of an impermeable layer below drains is as follows:

a) 3 m b) 25 m

Assuming that maximum water table height above drain level in all cases = 0.75 m.

### Solution




Radius of drain = r = 0.05 m

Thickness of envelope = t = 0.05 m

$$\therefore r_o = r + t = 0.05 + 0.05 = 0.1 \text{ m}$$

## (1) Using Hooghoudt Equation :

**a) D = 3m**

$$L^2 = \frac{8\,k_b\,d_e\,h + 4\,k_a\,h^2}{q} = \frac{8*1*d_e*0.75 + 4*1*0.75^2}{7*10^{-3}}$$

$$\therefore L^2 = 857.14\,de + 321.42$$

$$\therefore\ L = \sqrt{857.14\,de + 321.42}$$

**For D/L ≤ 0.3:**

$$de = \frac{D}{1+\frac{D}{L}[2.55\ln(\frac{D}{ro}) - 3.4]} = \frac{3}{1+\frac{3}{L}[2.55\ln(\frac{3}{0.1}) - 3.4]}$$

$$de = \frac{3}{1+\frac{15.819}{L}}$$

| $L_{assumed}$ | D/L | de | L |
|---|---|---|---|
| 40 | 0.075 | 2.149 | 46.519 |
| 46.80 | 0.064 | 2.242 | 47.361 |
| 47.361 | 0.063 | 2.249 | 47.424 |
| 47.424 | 0.063 | 2.25 | 47.431 |
| 47.431 | 0.063 | 2.25 | 47.431 |

$$\therefore L = 47.43\,m$$

**b) D = 25m**

$$L^2 = \frac{8k_b d_e h + 4k_a h^2}{q} = \frac{8*1*d_e*0.75 + 4*1*0.75^2}{7*10^{-3}}$$

$$\therefore L^2 = 857.14\,de + 321.42$$

$$\therefore L = \sqrt{857.14\,de + 321.42}$$

**For D/L > 0.3** $de = \frac{L}{2.55\left(\ln(\frac{L}{ro}) - 1.15\right)} = \frac{L}{2.55\left(\ln(\frac{L}{0.1}) - 1.15\right)}$

| $L_{assumed}$ | D/L | de | L |
|---|---|---|---|
| 60 | 0.41 | 4.484 | 64.538 |
| 66 | 0.37 | 4.845 | 66.889 |
| 67 | 0.37 | 4.904 | 67.27 |
| 67.4 | 0.37 | 4.928 | 67.42 |
| 67.43 | 0.37 | 4.93 | 67.433 |

$$\therefore L = 67.43\,m$$

**(2) Using Kirkham equation:**

**a) D = 3m**

$$L = \frac{k_b.h}{q} \times \frac{1 - (q/k_a)}{F_k}$$

$$L = \frac{0.75*1*(1 - 7*10^{-3})}{7*10^{-3}*F_k} \Rightarrow L = \frac{106.39}{F_k}$$

$$\frac{D}{2r_o} = \frac{3}{2*0.1} = 15$$

| $L_{assumed}$ | L/D | $F_k$ | L |
|---|---|---|---|
| 30 | 10 | 1.989 | 53.49 |
| 40 | 13.33 | 2.4056 | 44.23 |
| 42 | 14 | 2.489 | 42.75 |
| 42.5 | 14.166 | 2.5098 | 42.4 |

$\therefore \quad L = 42.5 \text{ m}$

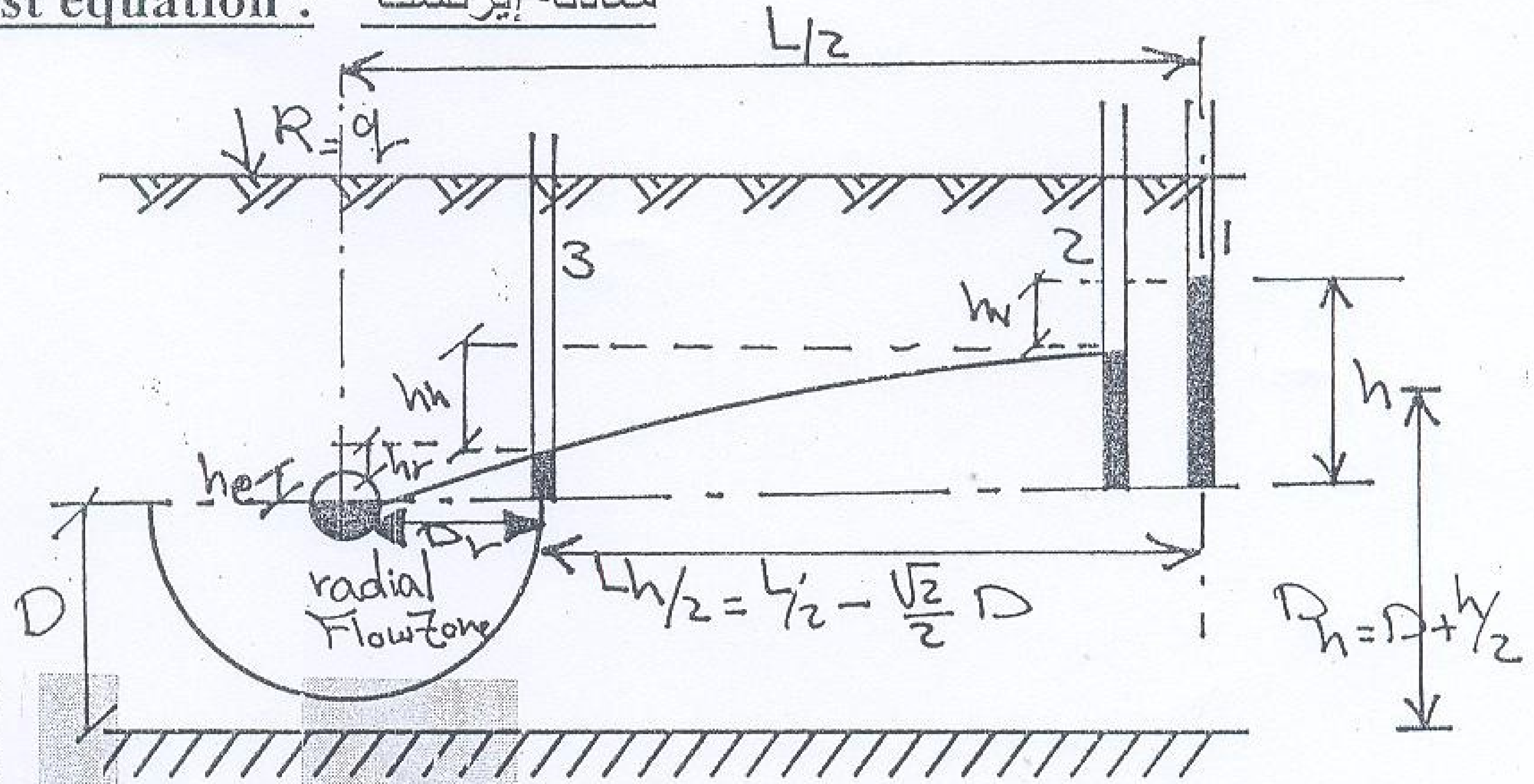
**b) D = 25m**

$$L = \frac{106.39}{F_k} \quad , \frac{D}{2\ r_o} = \frac{25}{2*0.1} = 125$$

| $L_{assumed}$ | L/D | $F_k$ | L |
|---|---|---|---|
| 50 | 2 | 1.624 | 65.51 |
| 60 | 2.4 | 1.682 | 63.24 |
| 62.5 | 2.5 | 1.697 | 62.69 |
| 62.65 | 2.506 | 1.698 | 62.66 |

$\therefore \quad L = 62.5 \text{ m}$

**4- Ernst equation :** معادلة إيرنست




تعتمد معادلة " Ernst " علي حساب الفاقد الكلي " Total head loss " في طاقة الضغط للماء نتيجة تدفقه في اتجاه المصرف حيث يقسم ذلك الفاقد في الطاقة إلي :

**1- فاقد في الطاقة ($h_v$) نتيجة التدفق الرأسي للماء Vertical flow .**

**2- فاقد الطاقة ($h_h$) نتيجة التدفق الأفقي للماء Horizontal flow .**

**3- فاقد في الطاقة ($h_r$) نتيجة التدفق الشعاعي للماء Radial flow .**

**4- فاقد في الطاقة ($h_e$) الذي يحدث لحظة دخول المياة إلي المصرف المغطي .**

$$\textbf{Total head loss} = h = h_v + h_h + h_r + h_e$$

**1- التدفق الرأسي vertical flow**

*سمك طبقة التربة التي يتحرك فيها الماء رأسياً "$D_V$"

*معامل التوصيل الهيدروليكي "$K_v$"

$h_v$ = فرق قراءة البيزومترين 1 ، 2

$$h_v = \frac{q \, . \, D_v}{K_v}$$

وتكون قيمة " $h_v$ " صغيرة جدا ويمكن إهمالها .

**2- التدفق الأفقي : Horizontal flow**

$h_h$ = الفرق بين قراءتي البيزومترين 2 ، 3

$$h_h = \frac{q \cdot L_h^2}{8k_h \cdot D_h} = \frac{q \cdot L_h^2}{8\sum(KD)_h}$$

*سمك طبقة التربة التي يتحرك فيها الماء أفقياً "$D_h$"

*طول المنطقة التي يحدث فيها السريان الأفقي "$L_h$"

$$L_h = L - \sqrt{2}\,D$$

$$D_h = \bar{D} = D + h/2$$

$\Sigma(KD)_h$ = **(Transmissivity)** تسمي

*** محصله ( حاصل ضرب معامل التوصيل الهيدروليكي لكل طبقة من التربة سمكها ) وتستخدم عند وجود أكثر طبقة يحدث فيها السريان الأفقي.**

---

**3- التدفق الشعاعي : Radial flow**

$$h_r = q \frac{L}{\pi \cdot K_r} \, Ln \frac{(a \cdot D_r)}{U}$$

a = Geometric factor depends on homogeneousity of soil.

معامل تعتمد قيمته علي درجة تجانس التربة وفي حالة التربة المتجانسة a =1

$D_r$ = Depth of radial flow zone $= \frac{\sqrt{2}}{2} D$

سمك طبقة التربة في منطقة التدفق الشعاعي

U = wet perimeter of drain المحيط المبتل من المصرف المغطي

## 4- التدفق أثناء دخول المياه إلي المصرف : Entry Flow

كلما قلت المساحة الكلية للفتحات في الحقلي "Entry area" كلما زاد الفقد في الطاقة .

هام جداً

$$h_e = \frac{\alpha}{K_f} \cdot Q$$

$\alpha$ = resistance factor

Q = معدل تدفق المياه إلي داخل الحقلي لكل متر طولي من الحقلي $m^3/day/m'$

$K_f$ = معامل التوصيل الهيدروليكي للغلاف(المرشح) حول الحقلي m/day

| Type of pipe | $\alpha$ |
|---|---|
| Clay and concrete فخار أو خرسانة | 0.4- 2 |
| Smooth plastic بلاستيك أملس | 0.4-0.6 |
| Corrugated plastics بلاستيك مموج | 0.05-0.1 |

يعمل المرشح علي تنظيم حركة دخول خطوط سريان الماء عبر فتحات الحقلي وكذلك عدم انسداد تلك الفتحات.

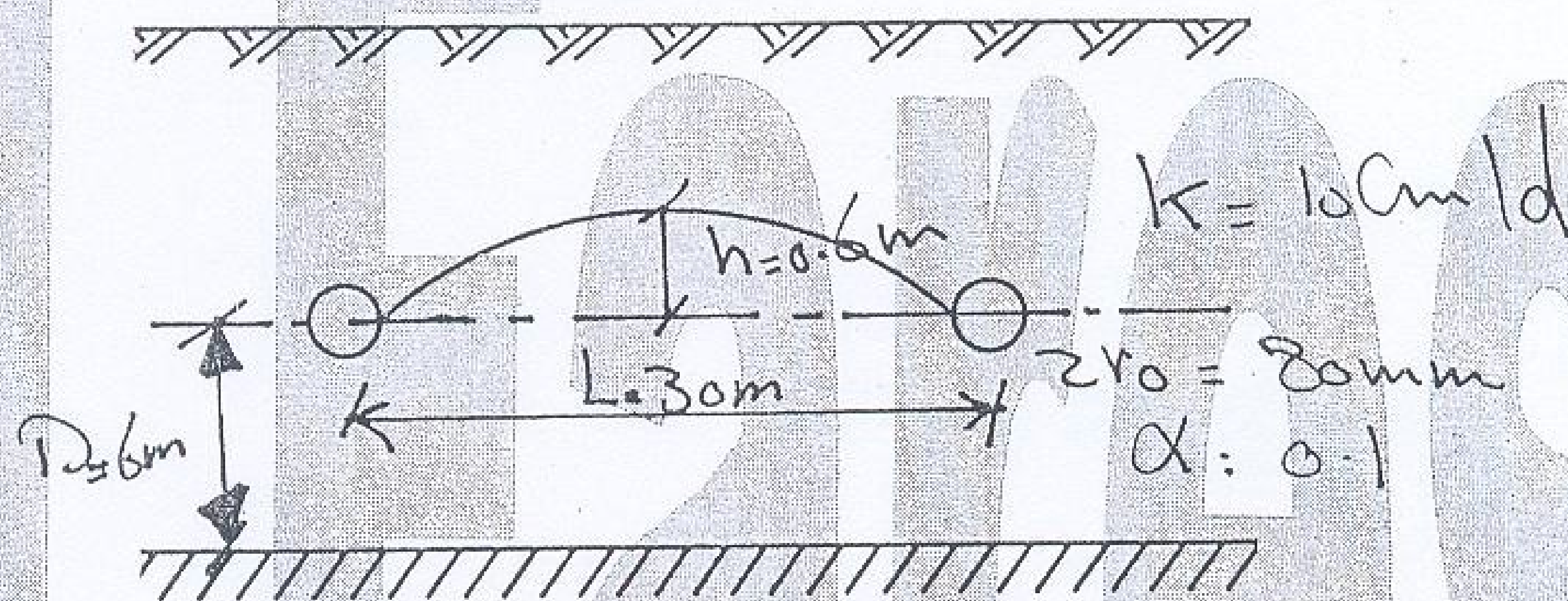
**Ernst equation:**

$$h = q \cdot \frac{D_v}{K_v} + q \cdot \frac{L_h^2}{8 \sum (KD)_h} + q \cdot \frac{L}{\pi \cdot K_r} \cdot Ln \frac{(a \cdot D_r)}{U} + \frac{\alpha \cdot Q}{K_f}$$

## Example

A drain system was installed at a spacing of 30m in a soil with hydraulic conductivity of 10 cm/day. The depth of impermeable layer was 6 m below drains. What would be the value of the head loss at entry if corrugated plastic pipe of a diameter 80 mm and resistance factor 0.1 was used for steady water conditions inducing a water height 0.6 m midway between drains.

## Solution




**Hooghout equation:**

$$L^2 = \frac{8 K_b d_e h + 4 K_a h^2}{q}$$

**D/L = 6/30=0.2**

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55 \ln\frac{D}{r_o} - 3.4\right]}$$

$$de = \frac{6}{1 + \frac{6}{30}\left[2.55 \ln\frac{6}{0.04} - 3.4\right]} = 2.0866 \text{ m}$$

$$30^2 = \frac{8 * 0.1 * 2.0866 * 0.6 + 4 * 0.1 * 0.6^2}{q}$$

$$\therefore \; q = 0.00127 \text{ m/day}$$

**Q= q*L = 0.00127*30 = 0.0381 m$^3$/day/m**

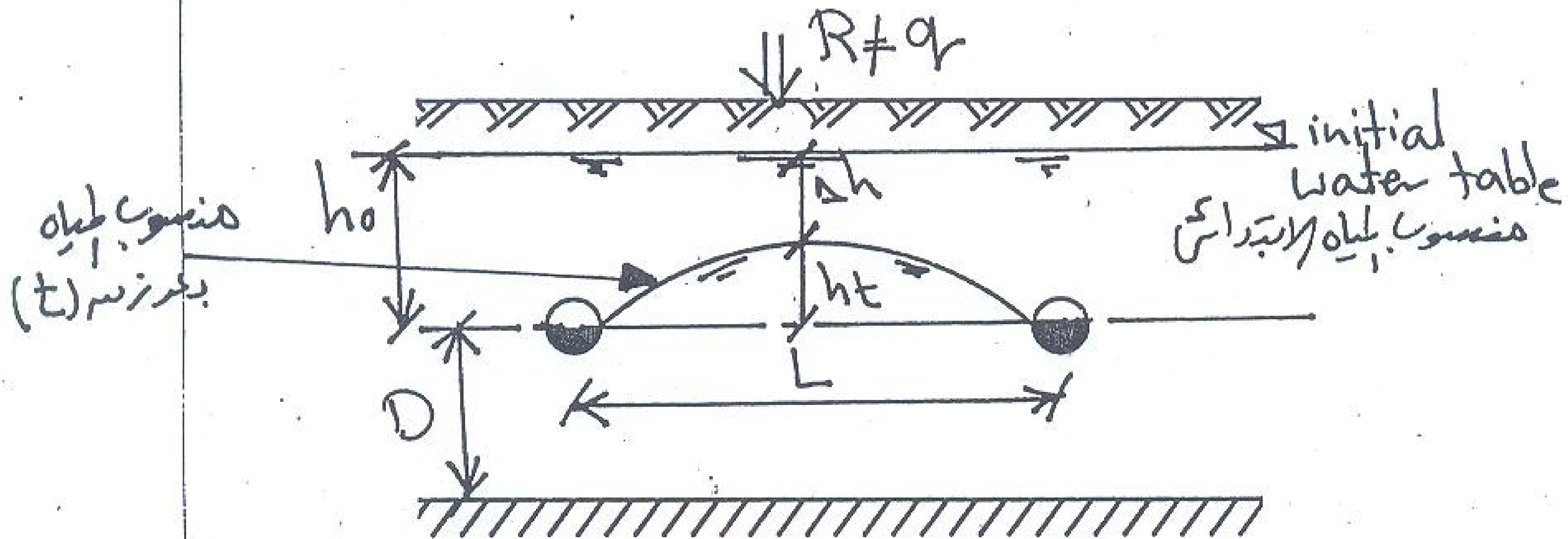
**Entry losses**

$$h_e = \frac{\alpha}{K_f} . Q$$

$$h_e = \frac{0.1*0.0381}{0.1} = 0.0381 \text{ m}$$

10

## Non-steady state flow حالة التدفق المتغير




### 1- Glover Equation

$$L = \pi\left[\frac{t.de.k}{fa}\right]^{\frac{1}{2}}.\left[Ln\left(1.27\frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

### 2- Glover-Dumm Equation

$$L = \pi\left[\frac{t.de.k}{fa}\right]^{\frac{1}{2}}.\left[Ln\left(1.16\frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

إذا لم يحدد في المسألة نستخدم هذه الطريقة (أكثر دقة)

t = الزمن " بالأيام " الذي يهبط فيه سطح الماء الجوفي مسافة " Δh "

$h_o$= المسافة من سطح الماء الجوفي " الأفقي " بعد الري مباشرة حتى منسوب المصرف.

Δh = المسافة التي يهبطها سطح الماء الجوفي خلال المدة " t ".

ht = المسافة من سطح الماء الجوفي " المنحني " بعد زمن " t " حتى منسوب المصرف المغطي.

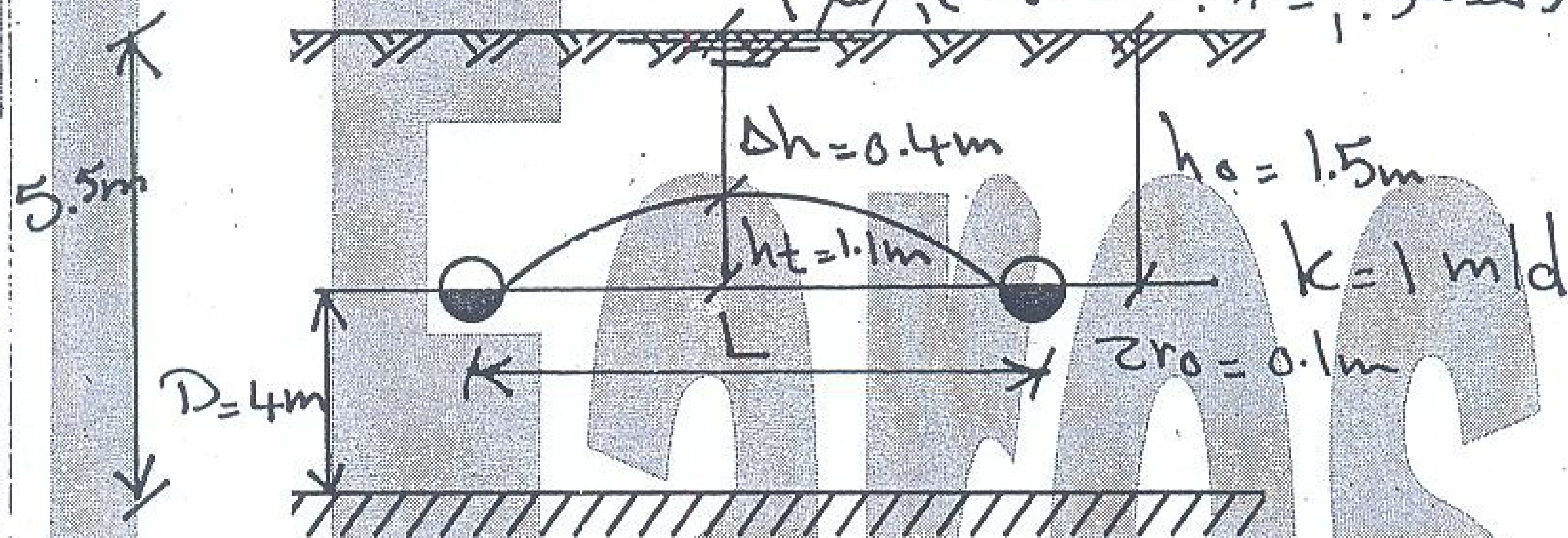
Fa = معامل مسامية الصرف drainable porosity .

## Examples

**1- The water table is required to drop form soil surface to a depth of 0.4 m below soil surface in a 3-days period. The hydraulic conductivity is 1 m/day, the drainable porosity is 4% and the depth to the impermeable layer is 5.5m, the diameter of the drain is 0.1m and the drain depth is 1.50m.Compute the spacing between tile drains using Glover-Dumm equation.**

### Solution

(منسوب المياه الابتدائي على سطح الأرض)






$$L=\pi\left[\frac{t.de.k}{fa}\right]^{\frac{1}{2}}.\left[Ln\left(1.16\frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$L=\frac{\pi\left[\frac{3*de*1}{0.04}\right]^{\frac{1}{2}}}{\left[Ln\left(1.16*\frac{1.5}{1.1}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$L=40.1768\sqrt{de}$$

**For D/L ≤ 0.3**:
$$de = \frac{D}{1+\frac{D}{L}\left[2.55Ln\left(\frac{D}{r_o}\right)-3.4\right]}$$

$$de = \frac{4}{1+\frac{4}{L}\left[2.55Ln\left(\frac{4}{0.05}\right)-3.4\right]} = \frac{4}{1+\frac{31.09}{L}}$$

| $L_{ass}$ | D/L | de | L |
|---|---|---|---|
| 30 | 0.13 | 1.9641 | 56.30 |
| 56.30 | 0.071 | 2.5769 | 64.49 |
| 64.49 | | 2.6988 | 66.0 |
| 66.0 | | 2.719 | 66.24 |
| 66.24 | | 2.722 | 66.28 |

$\therefore L = 66.2m$

**2- For an irrigated area provided with a tile drainage system, the following data are given:**

**Depth of tile drains below soil surface = 1.25m**

**Depth of impermeable layer below soil surface = 6.5m**

**Net deep percolation in irrigated area = 20mm**

**The hydraulic conductivity of soil = 0.8 m/day**

**The drainable porosity of soil $f_a$ = 0.1**

**Drain diameter 2ro = 0.1m**

**The distance between initial water table to the drain level $h_o$= 1m**

**t = 1 day for lowering water table from $h_0$ to $h_t$**

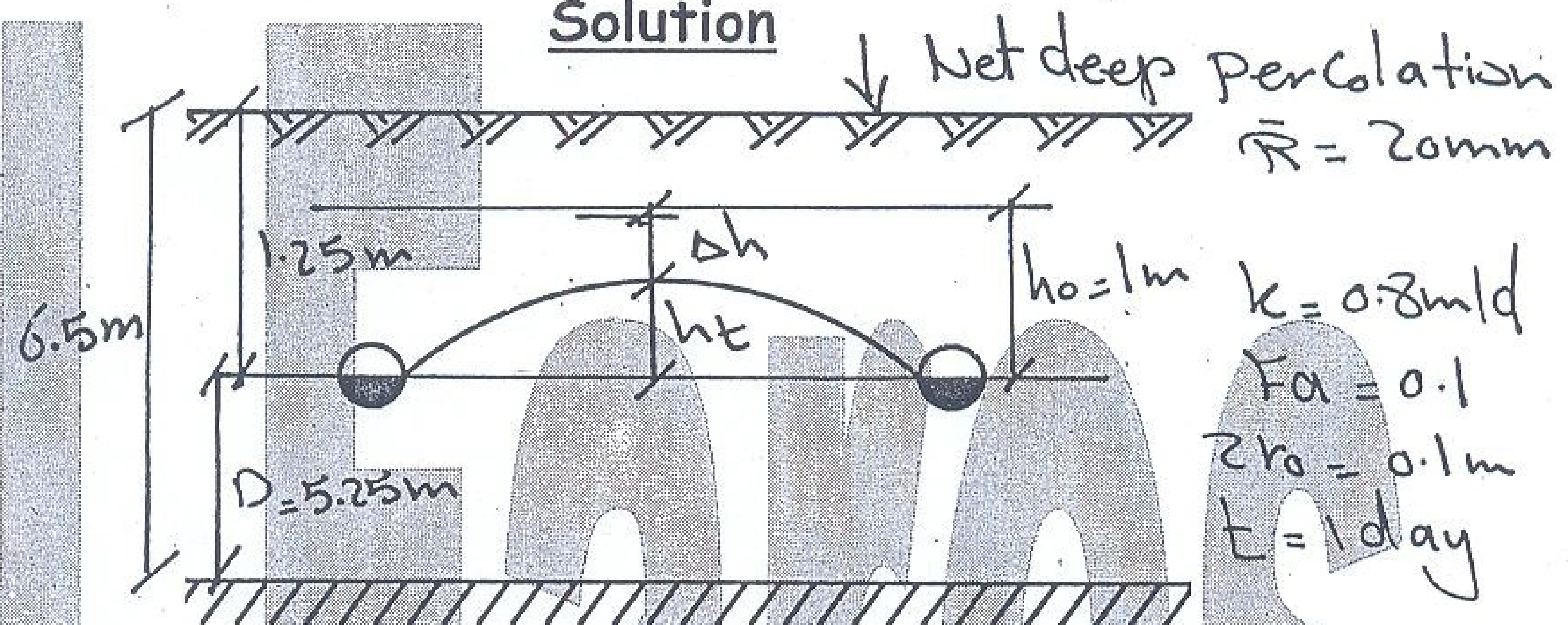
**Considering non-steady flow conditions:**

a) **Calculate the spacing L between the tile drains (using Glover-Dumm equation)**

b) **Determine the depth of water table midway between drains and centerline of drains after four days since the begin of irrigation**

**(t = 4 days).**

## Solution




**Net deep percolation**

$$\bar{R} = \Delta h \times F_a$$

$\therefore 20 * 10^{-3} = \Delta h * 0.1 \Rightarrow \Delta h = 0.2m$

$\therefore h_t = h_o - \Delta h = 1 - 0.2 = 0.8m$

$$a)\ L = \pi\left[\frac{t.de.k}{fa}\right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[Ln\left(1.16\frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-\frac{1}{2}} = \frac{\pi\left[\frac{t.de.k}{0.1}\right]^{1/2}}{\left[Ln\left(1.16\frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{1/2}}$$

1day 0.8m/d 1m 0.8m

$$L = 14.5773\ \sqrt{de}$$

**For D/L ≤ 0.3**: $$de = \frac{D}{1+\frac{D}{L}\left[2.55Ln\left(\frac{D}{r_o}\right)-3.4\right]}$$

$$de = \frac{5.25}{1+\frac{5.25}{L}\left[2.55Ln\left(\frac{5.25}{0.05}\right)-3.4\right]} \Rightarrow de = \frac{5.25}{1+\frac{44.45}{L}}$$

| $L_{ass.}$ | D/L | de | L |
|---|---|---|---|
| 30 | 0.17 | 2.115 | 21.20 |
| 21.20 | 0.24 | 1.6955 | 18.98 |
| 18.98 | 0.27 | 1.571 | 18.27 |
| 18.27 | 0.28 | 1.5294 | 18.02 |
| 18.02 | 0.29 | 1.5148 | 17.94 |
| 17.94 | 0.29 | 1.5097 | 17.91 |

$$\therefore L = 17.9m$$

b) $$L = \pi\left[\frac{t.de.k}{fa}\right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[Ln\left(1.16\frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-\frac{1}{2}} =$$

$$\therefore 17.9 = \frac{\pi\left[\frac{4*1.509*0.8}{0.1}\right]^{\frac{1}{2}}}{\left[Ln\left(1.16*\frac{1}{h_t}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$Ln\left(1.16*\frac{1}{h_t}\right)=1.4881$$

$$1.16*\frac{1}{h_t}=4.428706$$

$$\therefore\ h_t = 0.26m$$

منسوب الماء الجوفي في منتصف المسافة بين المصرفين بعد مرور أربعة أيام من بداية عملية الري يكون 0.26m.

**3- Calculate the drain spacing required to maintain the water table level below 1.0 m depth in an area of irrigated sugar cane and also the drain discharge for the following situation:**

**Irrigation interval 15 days**

**Irrigation quantity 133 mm**

**Drainage quantity 25% of the irrigation.**

**Soil factors:**

**Soil depth 3.5 m (depth from ground level to impervious clay)**

**Soil hydraulic conductivity 1.2 m/day**

**Moisture content at 1) saturation 52%**

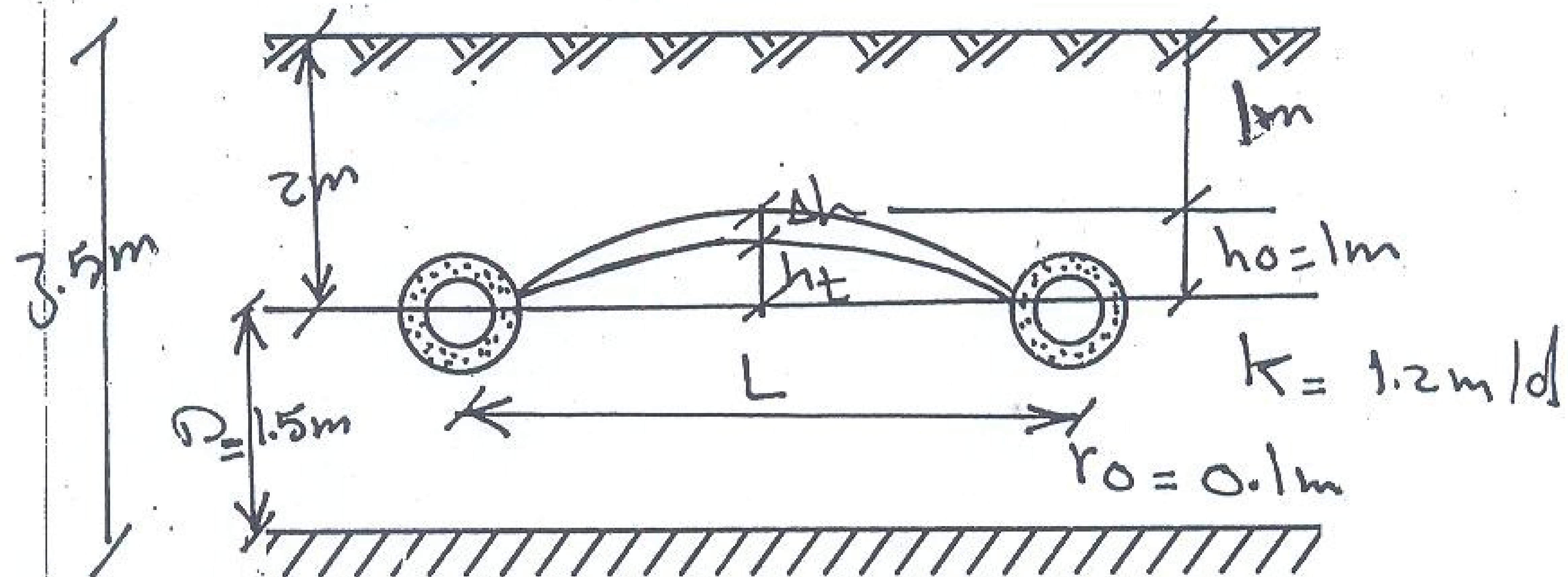
**2) field capacity 47%**

**3) wilting point 35%**

**Drain factors:**

**The radius of the drain pipe and filter is 0.1 m and the average depth of the field drain is 2.0 m.**

## Solution




$$R = \frac{133*10^{-3}}{15} = 8.87*10^{-3} \text{ m/day}$$

$$q = 25\%*R = 0.25*8.87*10^{-3} = 2.217*10^{-3} \text{ m/day}$$

$$q = \Delta h * Fa$$

$$\boxed{Fa = Saturation - F.C}$$

$\therefore$ Fa = 52% - 47% = 5%

$\therefore 2.217*10^{-3}$ m/day $= \Delta h * 0.05$

$$\therefore \Delta h = \frac{2.217*10^{-3}}{0.05} = 0.04434 \text{ m/day}$$

$\therefore$ Total $\Delta h$(الانخفاض الكلي في منسوب الماء الجوفي)

$= 0.04434*15 = 0.665$ m

$\therefore h_t = 1 - 0.665 = 0.335$ m

**Using Glover – Dumm**

$$L = \pi\left[\frac{t.de.k}{fa}\right]^{\frac{1}{2}} . \left[Ln\left(1.16\frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$L = \pi\left[\frac{15\times de\times 1.2}{0.05}\right]^{\frac{1}{2}}\times\left[Ln\left(1.16\frac{1}{0.335}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$L = 53.48\sqrt{de}$$

**For D/L ≤ 0.3** $$de = \frac{D}{1+\frac{D}{L}\left[2.55Ln\left(\frac{D}{r_o}\right)-3.4\right]}$$

$$\therefore de = \frac{1.5}{1+\frac{5.258}{L}}$$

| $L_{ass.}$ | D/L | de | L |
|---|---|---|---|
| 30 | 0.05 | 1.276 | 60.418 |
| 60.41 | | 1.379 | 62.82 |
| 62.82 | | 1.381 | 62.91 |
| 62.91 | | 1.384 | 62.93 |

$$\therefore L = 62.9$$

"21"

# Irrigation & Drainage Engineering

El Fares

2nd year Civil Engineering

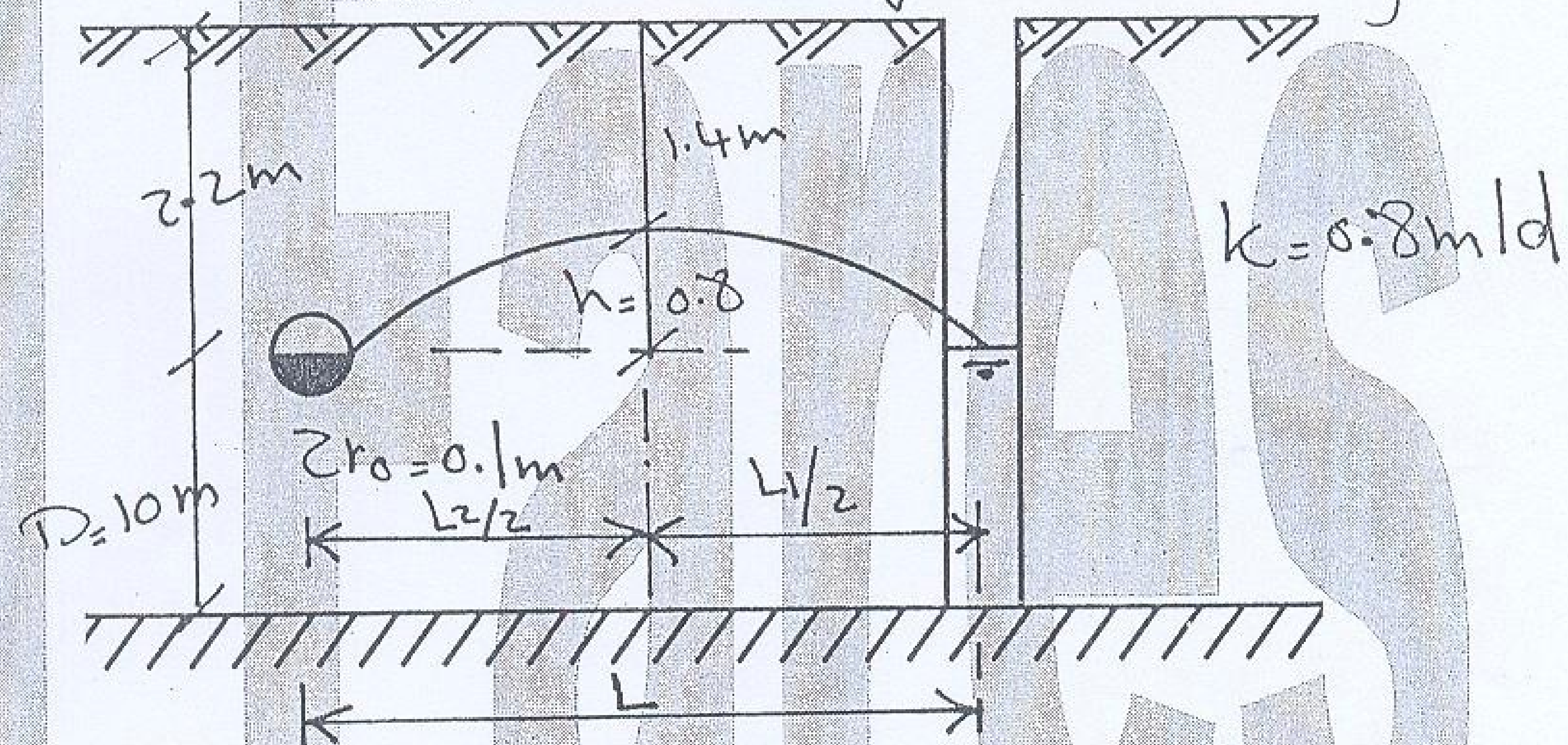
الفرقة الثانية مدني

**If the pipe shown in fig. 10cm diameter are used and installed with an open drain at 2.2m below soil surface and 10 m above impermeable layer if the hydraulic conductivity of the soil is 0.80 m/day. The water table height above drain level should not exceed 0.8 m due to steady rainfall of 6 mm/day.**

**1- Compute the spacing between tile and open drain.**

**2- Find the height and slope of water table at a distance of 10 m from tile and open drain.**

Solution




**Open drain (Donan equation)**

$$L_1^2 = \frac{8\,K\,D\,h + 4\,K\,h^2}{q}$$

$$L_1^2 = \frac{8\times0.8\times10\times0.8+4\times0.8\times0.8^2}{6\times10^{-3}}$$

$$L_1 = 94.2\ \text{m}$$

## Tile drain (Hooghout equation)

$$L^2 = \frac{8\ K_b\ d_e\ h\ +\ 4\ K_a\ h^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8 * 0.8 * d_e\ * 0.8 + 4 * 0.8 * 0.8^2}{6 * 10^{-3}}$$

$$\therefore\ L = \sqrt{853.3\ d_e\ + 341.3}$$





**Assume D/L ≤ 0.3**

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55 \ln \frac{D}{r_o} - 3.4\right]}$$

$$d_e = \frac{10}{1 + \frac{10}{L}\left[2.55 \ln \frac{10}{0.05} - 3.4\right]} = \frac{10}{1 + \frac{101.1}{L}}$$

| $L_{assumed}$ | D/L | L |
|---|---|---|
| 50 | 0.2 | 56.26 |
| 56.26 | | 58.24 |
| 58.24 | | 58.82 |
| 58.82 | | 58.99 |

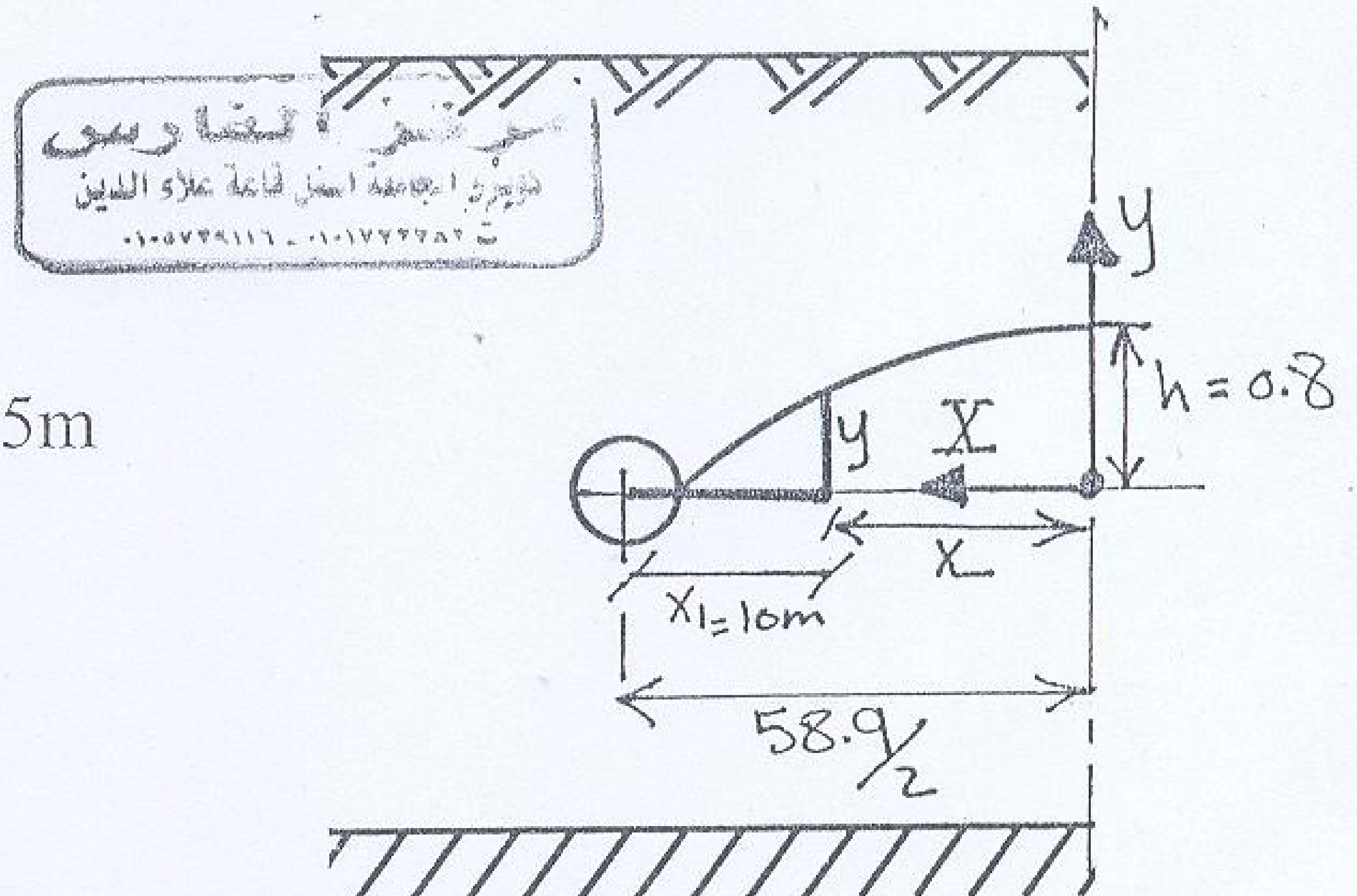
$$\therefore\ L_2 = 58.9 \quad m$$



$$\text{Spacing between drains} = \frac{94.2}{2} + \frac{58.9}{2} = 76.55 \ \ m$$

## At 10 m from tile drain

$$\frac{x^2}{(L/2)^2}+\frac{y^2}{h^2}=1$$




At $x_1=10m$

$$x=(L/2)-x_1=\frac{58.9}{2}-10=19.45m$$

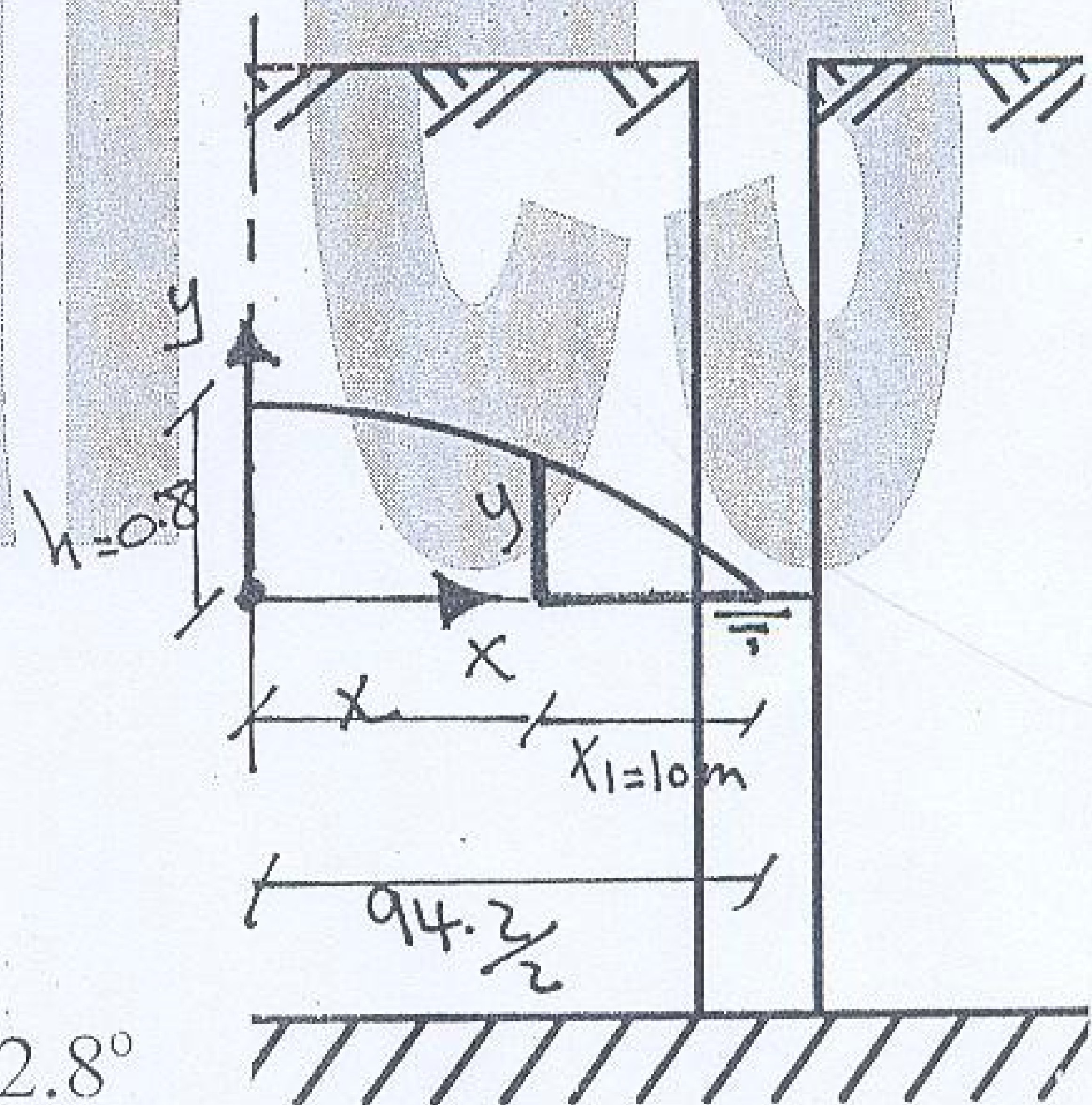
$$\frac{19.45^2}{29.45^2}+\frac{y^2}{0.8^2}=1$$

$y=0.6m$

$$\text{slope of water table}=\tan^{-1}\frac{y}{x_1}=3.4°$$

## At 10 m from open drain

$$\frac{x^2}{(L/2)^2}+\frac{y^2}{h^2}=1$$




At $x_1=10m$

$$x=(L/2)-x_1=\frac{94.2}{2}-10=37.1m$$

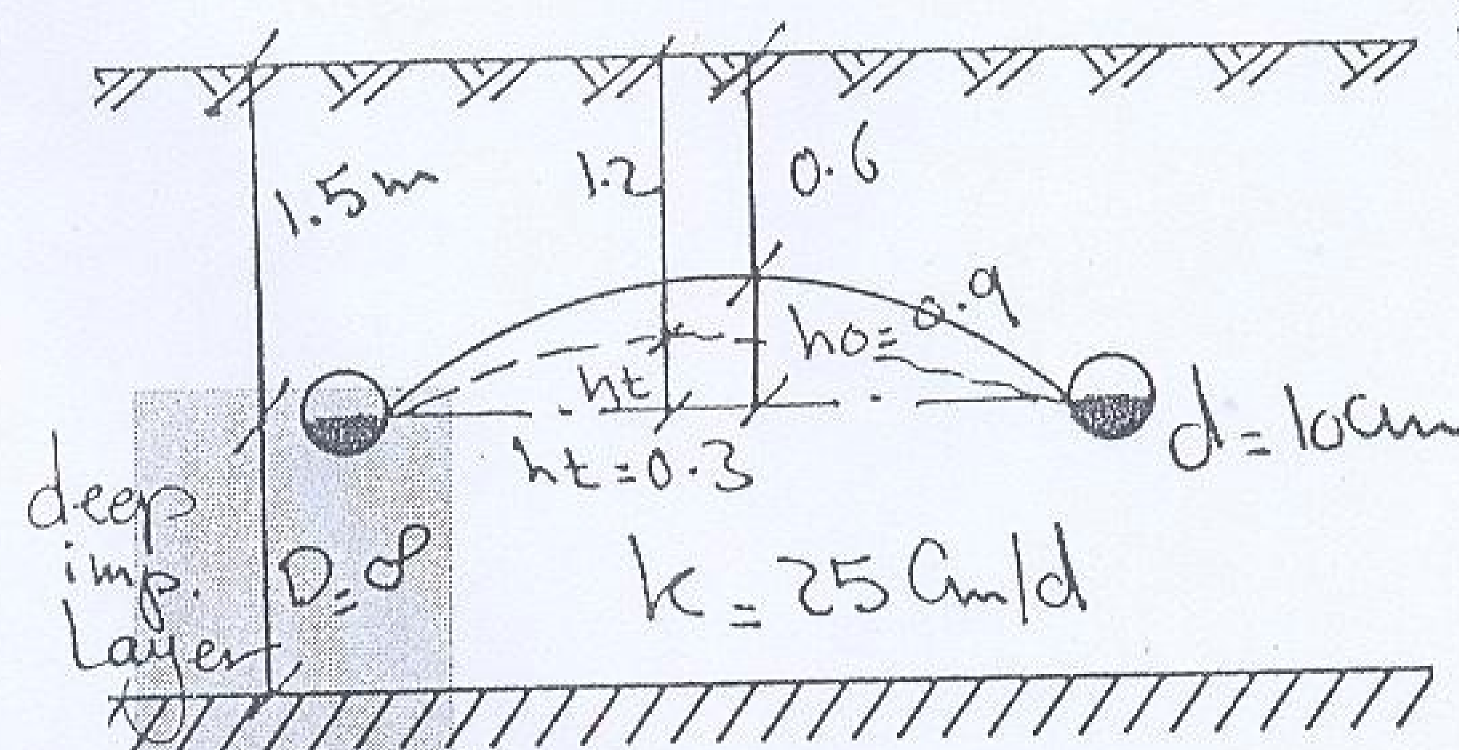
$$\frac{37.1^2}{47.1^2}+\frac{y^2}{0.8^2}=1$$

$y=0.49$ m

$$\text{slope of water table}=\tan^{-1}\frac{y}{x_1}=2.8°$$

b. Horizontal pipe drains 10 cm in diameter were installed at a spacing of 60 m and depth of 1.50 m below soil surface. The hydraulic conductivity is 25 cm/day and the drainable porosity is 3%. If the water table rises to within 0.6 m of the soil surface following an irrigation, how long it will take for it to fall to a depth 1.2 m below the soil surface. (Use the appropriate equation for relatively deep impermeable layer).








$L = 60m$ , $Fa = 0.03$

$t$ ??

Glover Dumm

$$L = \pi \left[\frac{t . K . de}{Fa}\right]^{1/2} \times \left[\ln 1.16 \frac{h_o}{h_t}\right]^{-1/2}$$

$(D = \infty)$ $D/L > 0.3$

$$de = \frac{L}{2.55\left[\ln \frac{L}{r_o} - 1.15\right]} = \frac{60}{2.55\left[\ln \frac{60}{0.05} - 1.15\right]}$$

$de = 3.96$ m

get (t) →

$$60 = \pi \left[\frac{t * 0.25 * 3.96}{0.03}\right]^{1/2} \times \left[\ln 1.16 \frac{0.9}{0.3}\right]^{-1/2}$$

A ring infiltrometer test was made on the soil. The results of test are given below:

| Elapsed time (min) | 0 | 2 | 5 | 10 | 20 | 30 | 60 | 90 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Volume of water added since start of ($cm^3$) | 0 | 278 | 658 | 1137 | 1924 | 2500 | 3345 | 3875 | 4592 |

If the inside diameter of the infiltrometer = 35 cm. It is required to: **a)**- Determine the I.C. for the time intervals in the experiment. **b)**- What is the U.I.C. $F_C$ ?. **c)**- What is the average I.C. for 10 minutes and 30 minutes?. **d)**- Find an equation for I.C.

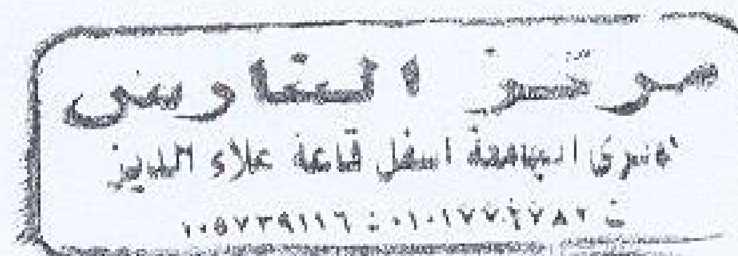
A = Area of infiltrometer $= \frac{\pi}{4} * 35^2 = 962.11 \ cm^2$

| * Time (min) | 0 | 2 | 5 | 10 | 20 | 30 | 60 | 90 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V$ ($cm^3$) | 0 | 278 | 658 | 1137 | 1924 | 2500 | 3345 | 3875 | 4592 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta T$ (min) | 2 | 3 | 5 | 10 | 10 | 30 | 30 | 60 |
| $\Delta V$ ($cm^3$) | 278 | 380 | 479 | 787 | 576 | 845 | 530 | 717 |
| * $F = \left(\frac{\Delta V}{A}\right) \div \Delta T$ cm/min | 0.144 | 0.132 | 0.099 | 0.082 | 0.059 | 0.029 | 0.018 | 0.012 |

a) infiltration Capacity For time intervals.

b) ultimate infiltration Capacity ($F_c$) = 0.012 cm/min



From Curve $F_o = 0.148$ Cm/min

$F_c = 0.012$

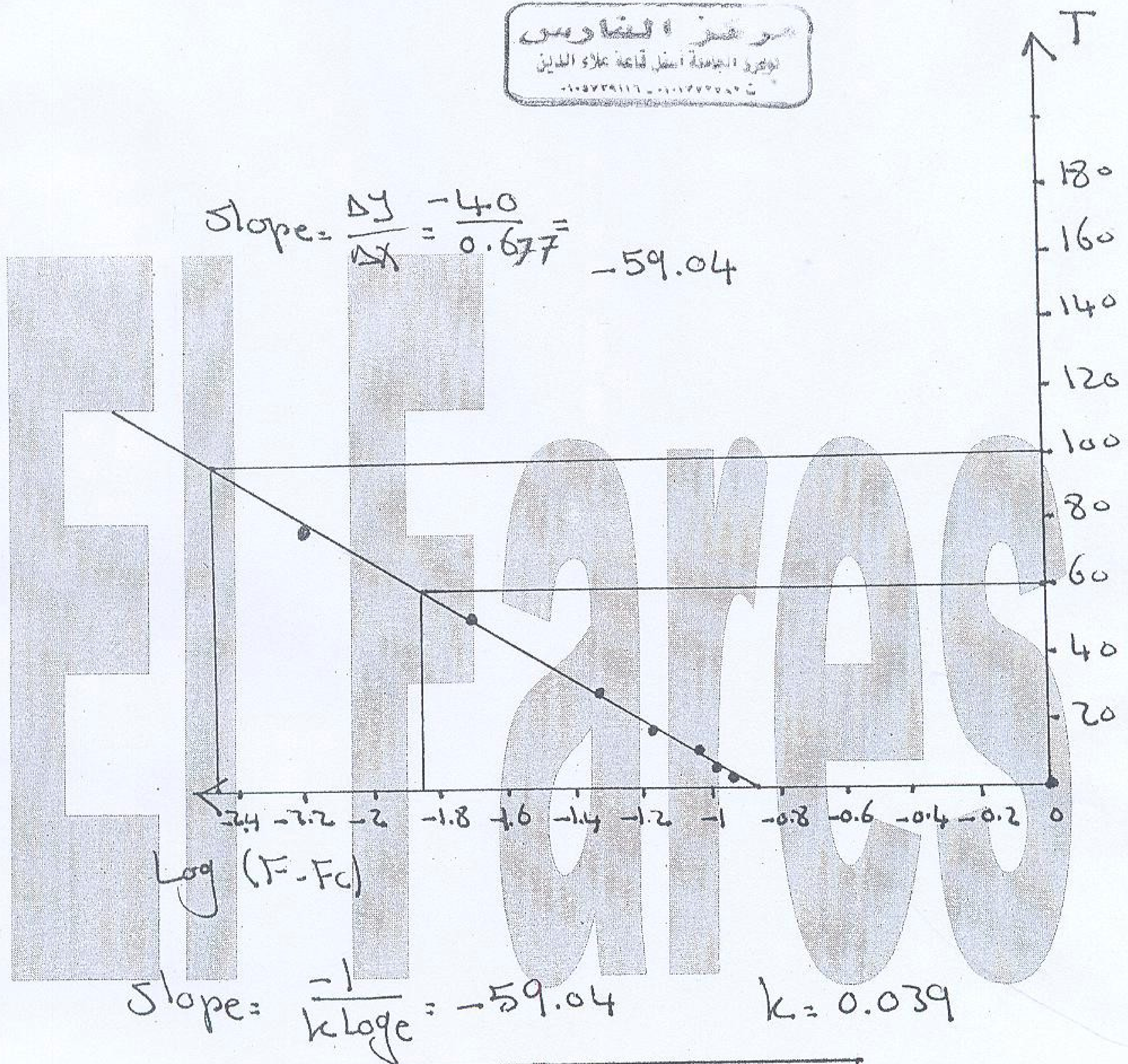
$$F = F_c + (F_o - F_c)e^{-kt}$$

$$t = \frac{-1}{k\log e} * (\log(F - F_c)) + \frac{1}{k\log e} * (\log(F_o - F_c))$$

$$y = m * x + C$$

| $Y = t$ | 0 | 2 | 5 | 10 | 20 | 30 | 60 | 90 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x = Log(F - F_c)$ | -0.88 | -0.92 | -1.06 | -1.15 | -1.33 | -1.77 | -2.02 | — | |






$Slope = \frac{-1}{k \log e} = -59.04$ $k = 0.039$

$$F = 0.012 + 0.136\, e^{-0.039 * t} \quad \text{Cm/min}$$

بالتعويض

$F_{10min} = 0.104$ Cm/min.

$F_{30min} = 0.054$ Cm/min.

18

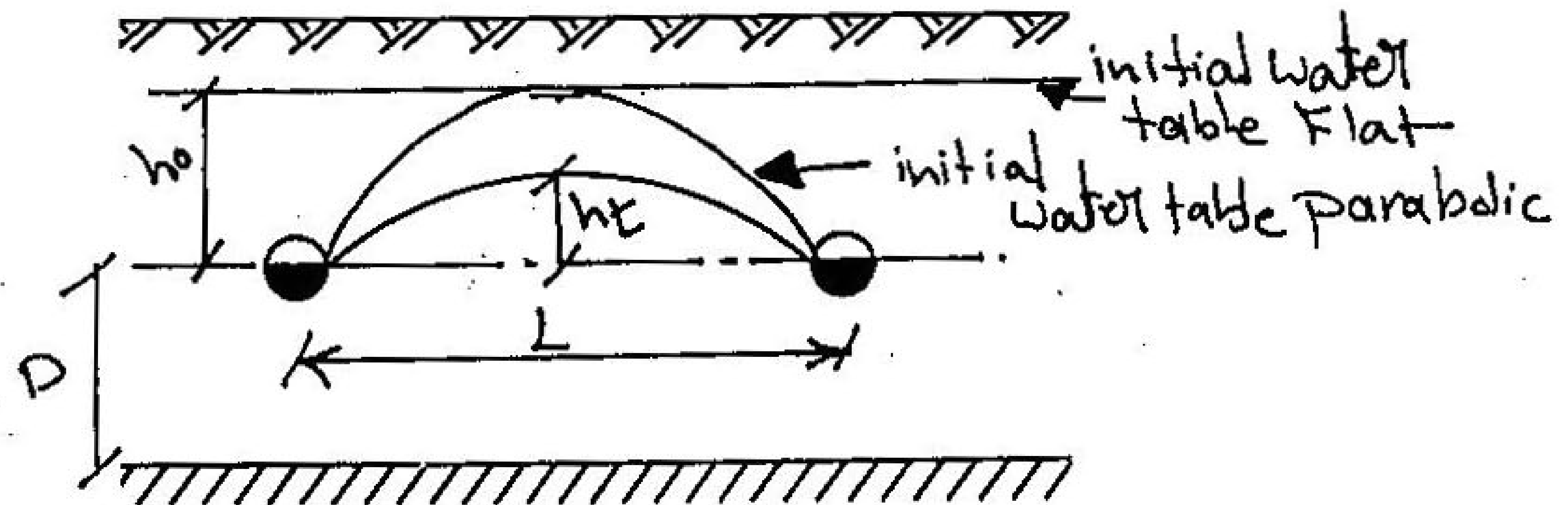
# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

## No. 6 صرف

## 3- Jan Van Schilfgaarde Equation




**a- Initial water table flat:**

$$L = 3\left[1-\left(\frac{de}{de+h_o}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\left[\frac{t.k.(de+h_t)(de+h_o)}{2\,Fa\,(h_o-h_t)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

**b- Initial water table parabolic:**

$$L = 3\left[\frac{t.de.k}{Fa}\right]^{\frac{1}{2}}\left[Ln\left(\frac{h_o\,(2de+h_t)}{h_t\,(2de+h_o)}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

## 4- Amer and Luthin equation

1- For $\frac{D}{L} \leq 0.25$ :

$$L = \frac{t.k}{Fa.F_K.Ln\,(h_o/h_t)}$$

2- For $\frac{D}{L} > 0.25$ :

$$L = \frac{\pi.t.k}{Fa.Ln\,(L/\pi.r_o).Ln\,(h_o/h_t)}$$

**$F_K$ = Kirkham coefficient.**

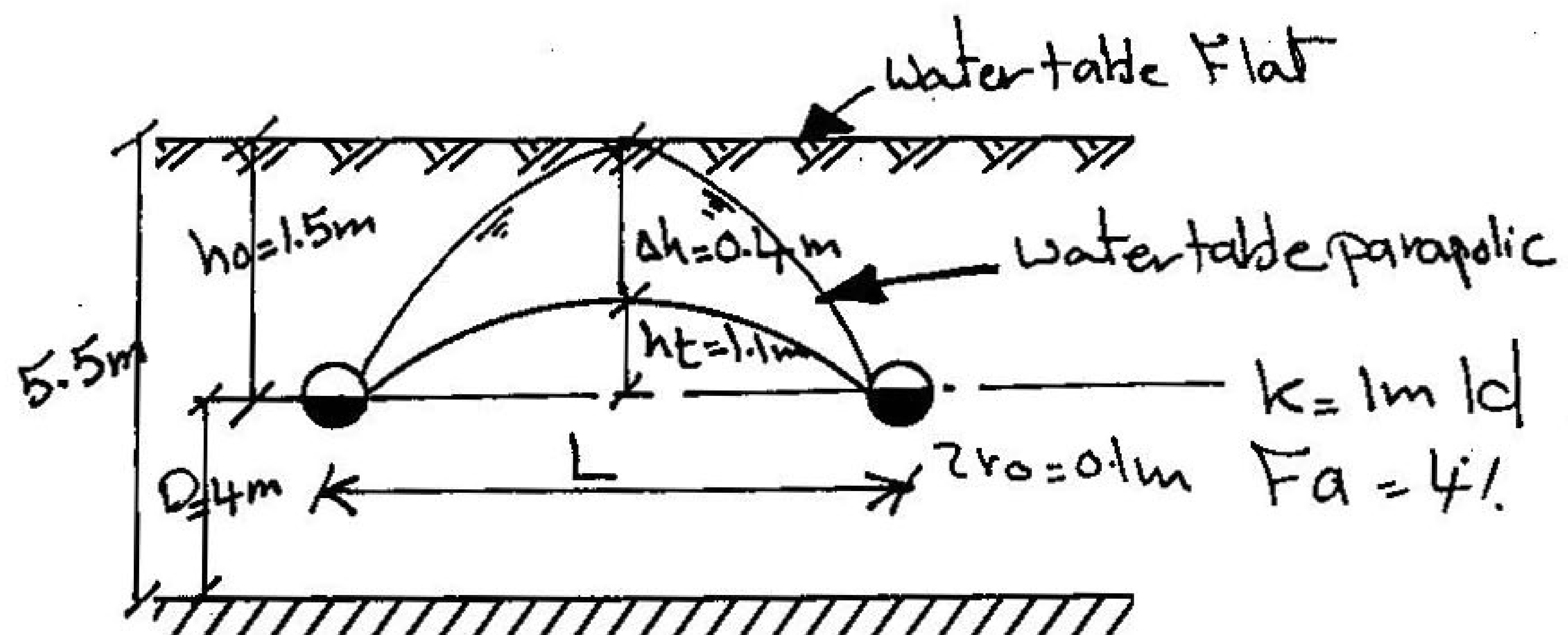
The water table is required to drop from soil surface to a depth of 0.4 m below soil surface in a 3-days period. The hydraulic conductivity is 1 m/day, the drainable porosity is 4% and the depth to the impermeable layer is 5.5m, the diameter of the drain is 0.1m and the drain depth is 1.50m.

Compute the spacing between tile drains using:

a) Van schilfgaarde equations (two equations of parabolic and flat water table shapes).

b) Amer of kirkham equation.

## Solution




**a) using van schilfgaarde equation :**

**1- Initial water table flat:**

$$L = 3\left[1-\left(\frac{de}{de+h_o}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\left[\frac{t.k(de+h_t)(de+h_o)}{2Fa(h_o-h_t)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$L = 3\left[1-\left(\frac{de}{de+1.5}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\left[\frac{3*1*(de+1.1)(de+1.5)}{2*0.04*(1.5-1.1)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore L = 29.05\left[1-\left(\frac{de}{de+1.5}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\left[(de+1.1)(de+1.5)\right]^{\frac{1}{2}}$$

**For D/L ≤ 0.3** $de = \dfrac{D}{1+\dfrac{D}{L}(2.55 Ln\dfrac{D}{r_0}-3.4)}$

$$de = \frac{4}{1+\frac{4}{L}(2.55\,Ln\frac{4}{0.05}-3.4)}$$

$$= \frac{4}{1+\frac{31.096}{L}}$$

| $L_{ass.}$ | D/L | de | L |
|---|---|---|---|
| 30 | 0.13 | 1.9641 | 77.96 |
| 77.96 | | 2.8594 | 91.10 |
| 91.10 | | 2.9821 | 92.76 |
| 92.76 | | 2.9958 | 92.94 |
| 92.94 | | 2.9972 | 92.96 |

L = 92.97 m

## 2- Initial water table parabolic:

$$L = 3\left[\frac{t.de.k}{Fa}\right]^{\frac{1}{2}}\left[Ln\left(\frac{h_o(2de+h_t)}{h_t(2de+h_o)}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$L = 3\left[\frac{3*de*1}{0.04}\right]^{\frac{1}{2}}\left[Ln\left(\frac{1.5(2*de+1.1)}{1.1(2*de+1.5}\right)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\therefore L = 25.98\sqrt{de}\,.\left[Ln(3de+1.65)-Ln(2.2de+1.65)\right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$de = \frac{4}{1 + \frac{31.096}{L}}$$

| Lass | D/L | de | L |
|---|---|---|---|
| 30 | 0.133 | 1.9641 | 75.33 |
| 75.33 | | 2.8313 | 86.96 |
| 86.96 | | 2.9464 | 88.39 |
| 88.39 | | 2.9590 | 88.55 |
| 88.55 | | 2.9604 | 88.56 |

$\therefore$ L = 88.5 m

**b) <u>Using Amer equation:</u>**

**<u>For D/L ≤ 0.25</u>**

D = 4m , $r_o$ = 0.05m , $D/2r_o$ = 40

$$L = \frac{t.k}{Fa.F_K.Ln\,(h_o/h_t)}$$

$$= \frac{3*1}{0.04*F_K*Ln\,(1.5/1.1)}$$

$$L = \frac{241.81}{F_K}$$

| $L_{ass.}$ | D/L | L/D | FK | L |
|---|---|---|---|---|
| 50 | 0.08 | 12.5 | 2.5767 | 93.84 |
| 70 | | 17.5 | 3.2017 | 75.82 |
| 72 | | 18.75 | 3.2642 | 74.07 |
| 73 | | 18.25 | 3.2955 | 73.37 |

$\therefore$ L = 73 m

19
١٠٠٥

# Irrigation & Drainage Engineering

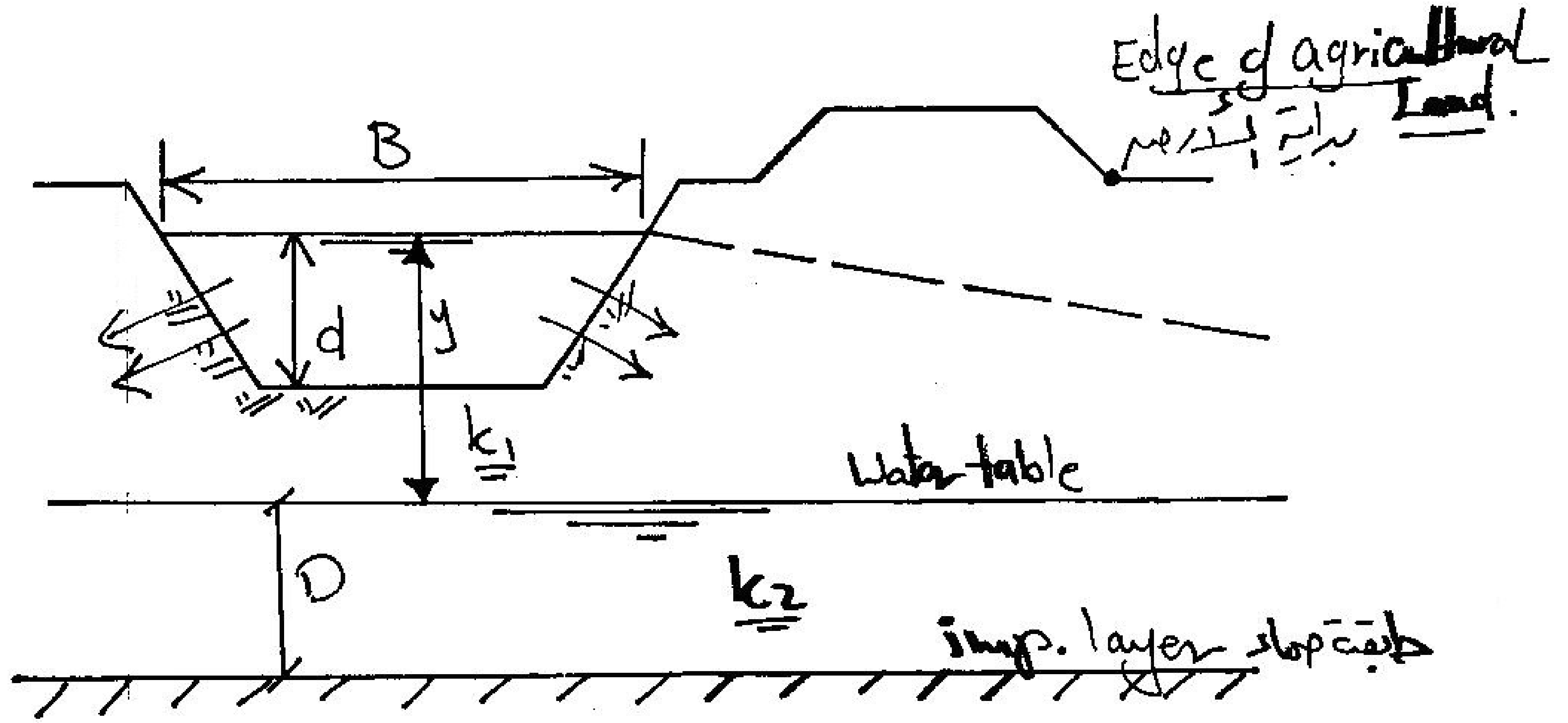
2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 7 صرف

# Canal Seepage

## التسرب من القنوات




**رشح المياه من المجاري المائية الغير مبطنة (Unlined) يعتمد على :**

1- شكل قطاع المجري المائي وأبعاده (B,d)

2- عمق الطبقة الصماء ودرجة انحدارها .

3- معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المحيطة بالمجري المائي ($k_1$) .

4- معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة أسفل منسوب W.T ($k_2$) .

5- ارتفاع منسوب المياه في المجري المائي عن سطح الأرض المجاورة .

6- المسافة من محور المجري المائي حتى بداية أرض الزراعة .

$$Q = \frac{K_1 (B+2d)}{3.5} \qquad m^3/day/m'$$

Q = مقدار رشح المياه من المجري المائي الغير مبطن (Unlined canal)

$K_1$ = معامل توصيل الهيدروليكي للتربة المحيطة بقطاع المجري المائي.

d= عمق المياه في المجري المائي .

B= عرض سطح المياه في المجري المائي .

ونتيجة لاستمرار رشح المياه من المجري المائي فإن منسوب المياه الجوفية في المنطقة المحيطة بالمجري يرتفع تدريجيا.

ويمكن حساب المدة التي يصل فيها منسوب الماء الجوفي إلي نفس منسوب المياه في المجري المائي من القانون التالي :

$$t = \frac{\pi \cdot k_2 \cdot fa \ y^2 (D + y/2)}{Q^2} \quad \text{days}$$

$K_2$ = معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة أسفل منسوب (w .t.)

$F_a$ = معامل مسامية الصرف "drainable porosity" للتربة المحيطة بقطاع المجري المائي.

## Control of canal seepage

للتحكم في تسرب الماء من القنوات يفضل استخدام المصارف القاطعة "interceptor drains" .

R
x
edge gland
h
$H_1$
$H_2$
D

تستخدم المصارف القاطعة "interceptor drains" للتغلب علي مشكلة ارتفاع منسوب الماء الجوفي "water logging" في الأراضي المجاورة لمجري مائي .

ويمكن حساب المسافة من منتصف الترعة حتي المصرف (R)

$$R = \frac{X.(H_1^2 - D^2)}{(H_1^2 - H_2^2)}$$

$H_1$ = ارتفاع سطح الماء في المجري المائي عن الطبقة الصماء .

$H_2$ = ارتفاع سطح الماء الجوفي عند حافة الأرض الزراعية عن الطبقة الصماء .

D = عمق الطبقة الصماء أسفل منسوب المصرف.

X= المسافة من محور المجري المائي إلي حافة الأرض الزراعية

."edge of the irrigated area"

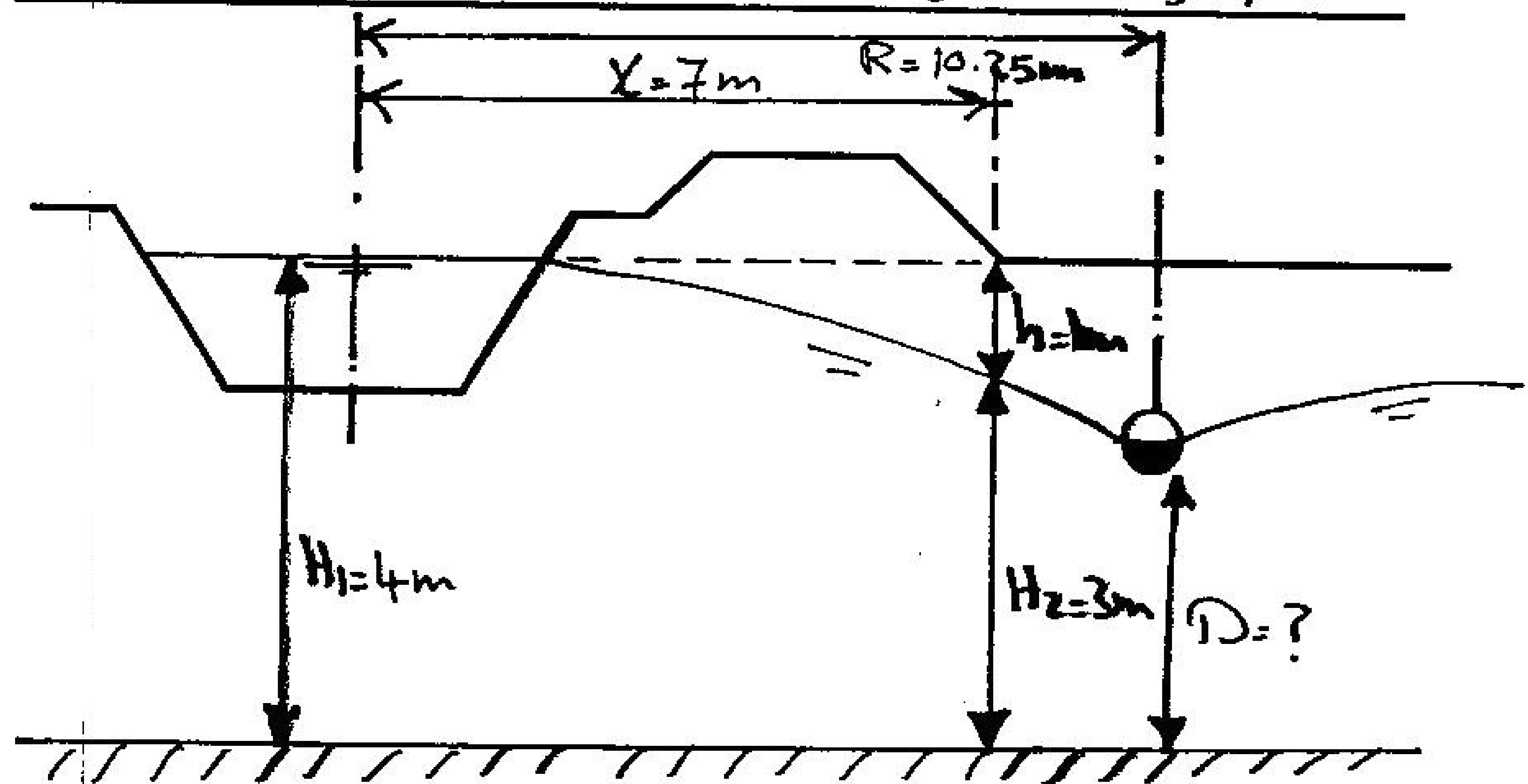
$$Q = \frac{k_2.(H_1^2 - H_2^2)}{2.X} = \frac{k_2.(H_1^2 - D^2)}{2.R}$$

Q التصرف للمصرف القاطع لكل متر طولي

---

The water level in canal is the same as the ground level of an irrigated land, and the distance from the canal center to the edge of this land is 7.0m what is the depth of the covered interceptor drain below the soil surface which lowers the water table at the edge to 1.0m below soil surface, If the distance from the canal center to the drain is 10.25 m? The depth of the impermeable layer below soil surface is 4.0m and the soil hydraulic conductivity is 4.17 cm/hour. What is the discharge of the interceptor drain of 2000 m length?

---




$$R = \frac{X(H_1^2 - D^2)}{(H_1^2 - H_2^2)} \Rightarrow 10.25 = \frac{7*(16-D^2)}{(16-9)}$$

$$\therefore D = 2.4 \text{ m}$$

The depth of the covered interceptor drain = 4 - 2.4 = 1.6 m.

$$Q = \frac{k_2.(H_1^2 - H_2^2)}{2.X} = \frac{4.17\times10^{-2}\times(4^2-3^2)}{2\times7} = 0.021 \ m^3/hr/m$$

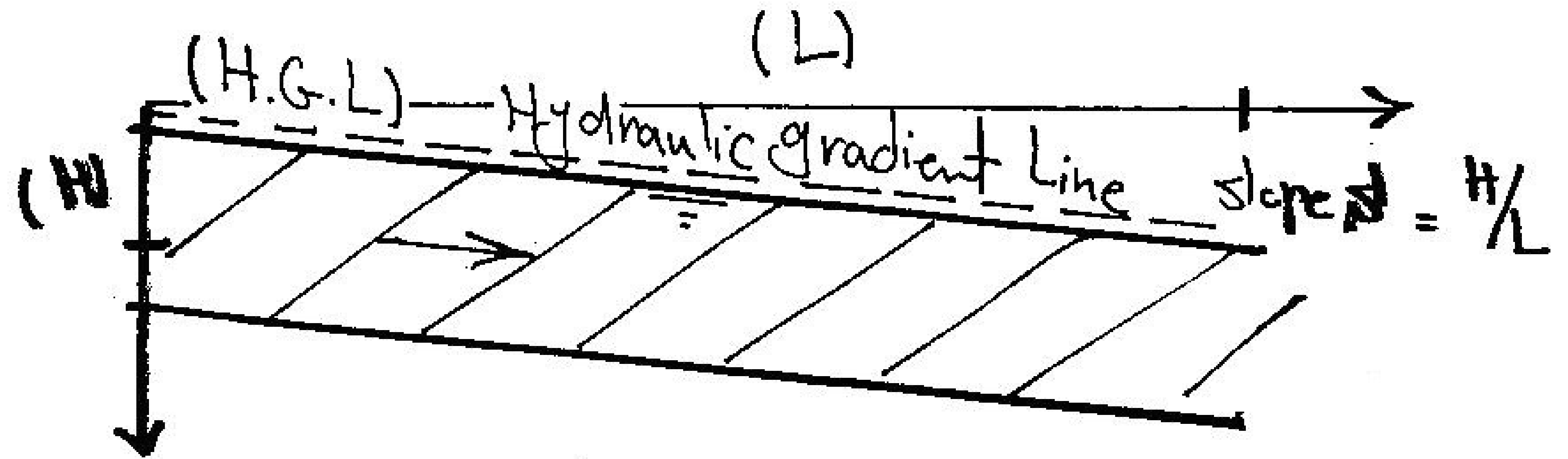
$$Q_{2000\,m} = 0.021 * 2000 = 41.7 \ m^3/hr$$

## تصميم مواسير الصرف

## Design of drainage pipes

يتم تصميم أقطار "diameters" وميول "gradients=slopes" مواسير الصرف علي أساس إحدى النظريتين الآتيتين :

### (1) Uniform flow = Transporting flow:

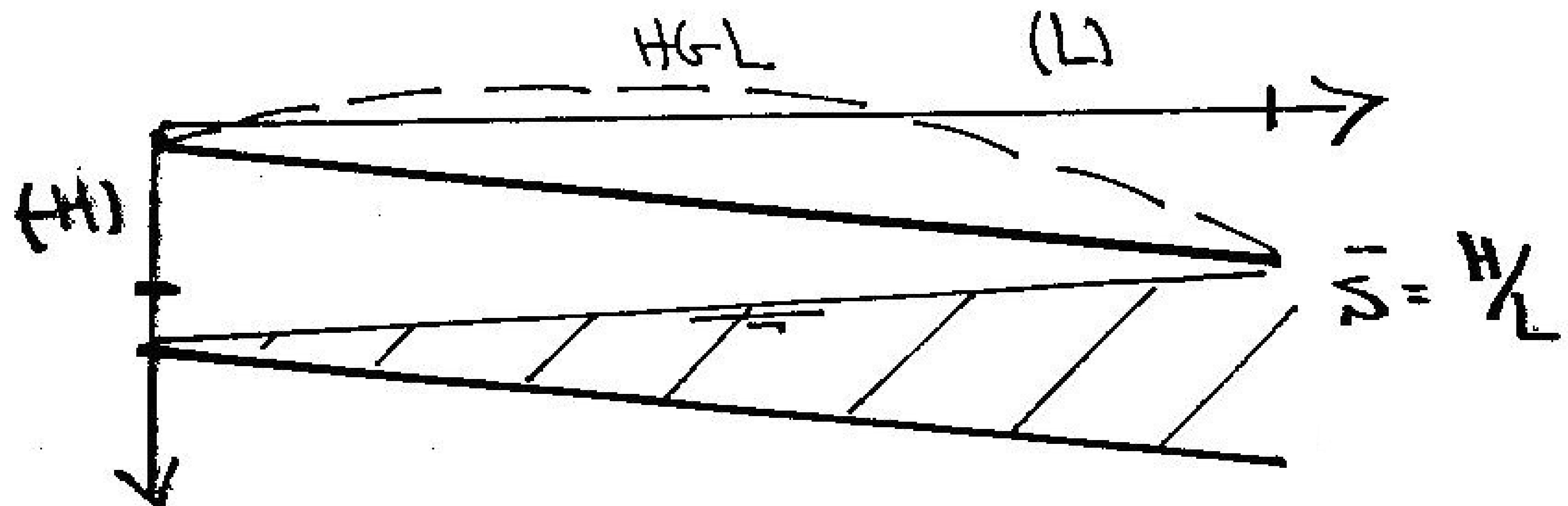



1- الماسورة مملوءة تماما بالماء من أولها حتى آخرها.

2- كمية المياه المنصرفة Q ثابتة علي طول مقطع الماسورة.

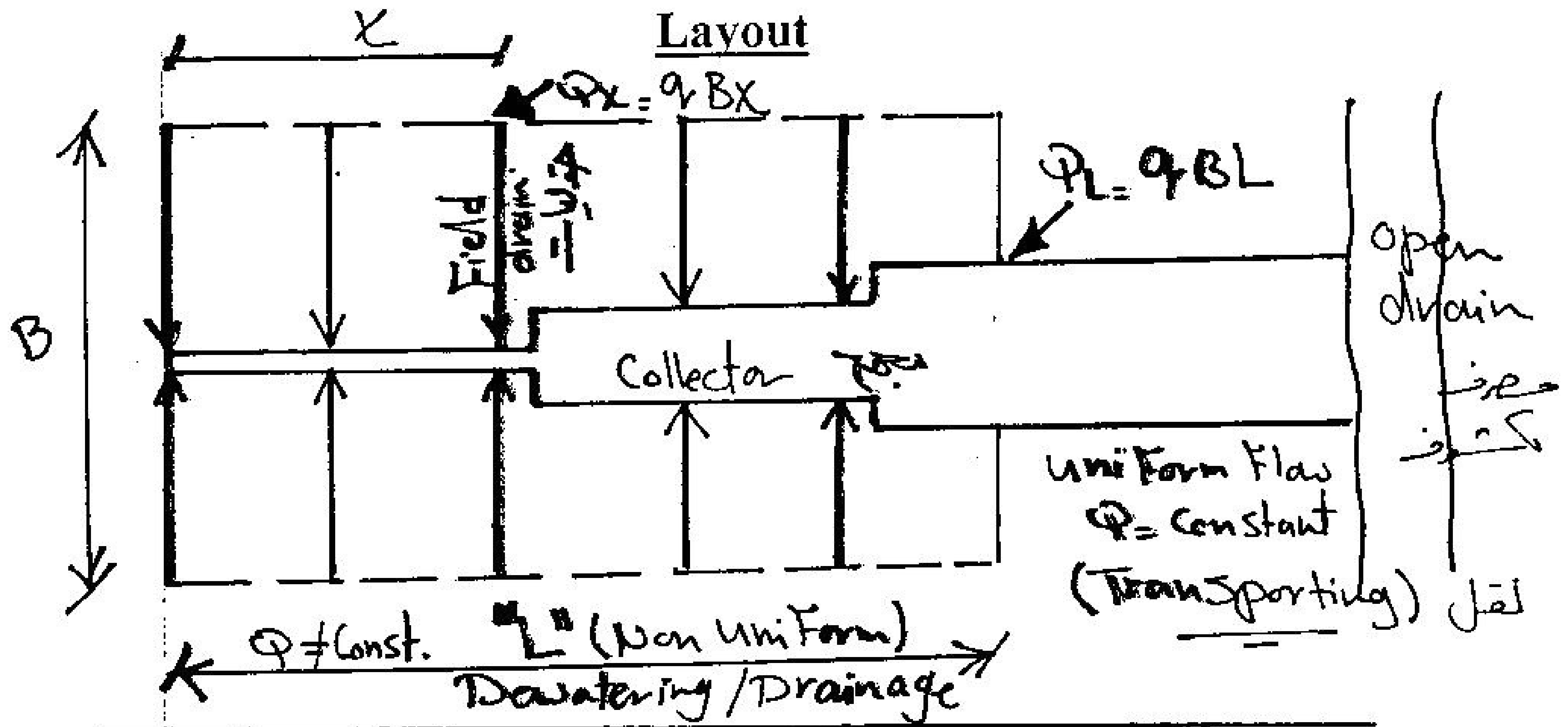
3-(H.G.L) ينطبق علي الحافة العليا للماسورة.

### (2) Non-uniform flow = Dewatering flow = Drainage principle:




1- كمية المياه المنصرفة تزداد بمقدار ثابت علي طول مقطع الماسورة حيث (Q=zero) عند بداية الماسورة ، (Q=Max) عند نهاية الماسورة.

2- (H.G.L) لاينطبق علي الحافة العليا للماسورة.




## (1) Uniform flow = Transporting flow

### 1- Wesseling equation: for smooth pipes.

تستخدم هذه المعادلة في تصميم مواسير الصرف الملساء "smooth".

$$Q = qBL = F.S.\ (50.3\ d^{2.714}\ .\ S^{0.572})\qquad m^3/sec$$

مثل مواسير الفخار clay والمواسير الأسمنتية cement والبلاستيك الملساء smooth plastic

### 2- Manning equation: for corrugated pipes.

تستخدم هذه المعادلة في تصميم مواسير الصرف البلاستيك المموجه مثل "corrugated plastic PVC"

$$Q = qBL = F.S.\ (21.82\ d^{2.667}\ .\ S^{0.5})\qquad m^3/sec$$

## (2) Non-uniform flow = Dewatering

**1- Wesseling equation: for smooth pipes.**

$$Q = qBL = F.S.\,(89\, d^{2.714} \,.\, \bar{S}^{0.572}) \;\ldots\; m^3/sec$$

**2- Manning equation: for corrugated piped.**

$$Q = qBL = F.S.\,(38\, d^{2.667} \,.\, \bar{S}^{0.5}) \;\ldots\; m^3/sec$$

**Where:**

Q = discharge = flow rate **($m^3$/sec)**

**حجم المياه بالمتر المكعب المتدفق من الماسورة علي مسافة L من بداية المصرف**

q = **drainage** coefficient = **drainage rate** ... m/sec.

B= width of area عرض المنطقة المخدومة

L= length of area طول المنطقة المخدومة

F.S. = factor of safety , **d** = pipe diameter ... m

S = pipe slope (dimensionless)

**معادلات التصميم:**

Smooth → Wesseling → Uniform → 50.3 * / Non-uniform → 89 * $\left[F.S.\,(d^{2.714} \,.\, S^{0.572})\right]$

Corrugated → Manning → Uniform → 21.82 * / Non-uniform → 38 * $\left[F.S.\,(d^{2.667} \,.\, S^{0.5})\right]$

**ملاحظـات :**

(1) إذا كان المطلوب : (Max. length) أو (**Max. drainage coefficient**)

نـأخـذ **F. S. =1**

(2) معامل الأمان ( Factor of safety ) :

**F.S. = 60%** $d \le 15$ cm

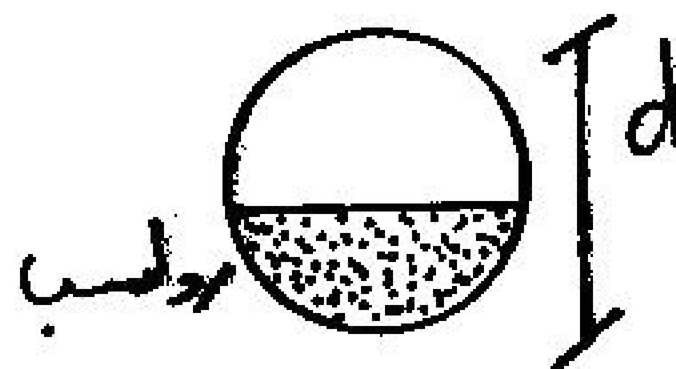
**F.S. = 75%** $d > 15$ cm

(3) في حالة المجمعات الطويلة نستخدم مجموعة من المواسير ذات الأقطار المختلفة وفـي هـذه الحالـة نأخذ معامل أمـان آخـر بالأضـافة للموجود أساسـا فـي القانون ويسمي "Reduction Factor P" حيث :

- في حالة المجمع يتكون من ماسورتين ← p = 0.85
- في حالة المجمع يتكون من أكثر من ماسورتين ← p = 0.75

حيث نضرب L المستنتجة لكل قطر * P

وتستخدم معاملات الأمـان نظرا لأن قطر المواسير يقل بالتدريج بسبب ترسب حبيبات التربة بداخلها




**Examples:**

1- The pipes used for lateral drains are cement and corrugated PVC pipes with internal diameters 100 and 72 mm respectively. Find the maximum length with each type for a drainage rate of 3 mm/day and drain spacing 50 m in the following cases:

a) drain slope 0.1%

b) drain slope 0.2%

**Solution**

Max. Length $\Rightarrow$ F.S. = 1

**Cement pipe " smooth "**

$qBL = F.S\,(89\, d^{2.714}.\ \bar{S}^{0.572})$

d = 0.1m

$$\frac{3*50*L}{1000*24*60*60} = 89(0.1)^{2.714} * \bar{S}^{0.572}$$

$\therefore L = 99040.42\ \bar{S}^{0.572}$

a) S = 0.1%

$\therefore L = 1904.6$ m

b) S = 0.2%

$\therefore L = 2831.4$ m

**Plastic "pvc" pipe "corrugated"**

$qBL = F.S\,(38d^{2.667}.\ \bar{S}^{0.5})$

d = 0.072m

$$\frac{3*50*L}{1000*86400} = 38(0.072)^{2.667} . \bar{S}^{0.5}$$

$\therefore L = 19620.58\ \bar{S}^{0.5}$

a) S = 0.1%

$\therefore L = 620.5$ m

b) S = 0.2%

$\therefore L = 877.5$ m

2- Design a corrugated plastic collector with increasing diameters 125, 150,200 and 260 mm are used and the pipe slope is 0.08 %. The drainage rate is 4 mm/day and the width of the area served is 350 m. what is the total length of the collector in this case?

**Solution**

$qBL = F.s.\ (\ 38d^{2.667}\ .\ \bar{S}^{0.5}\ )$

$$\frac{4*350*L}{1000*24*60*60} = F.S.\left[38d^{\,2.667} * \left(\frac{0.08}{100}\right)^{0.5}\right]$$

$L = F.s * d^{2.667} * 66330.66$

Reduction factor = P = 0.75 أكثر من ماسورتين

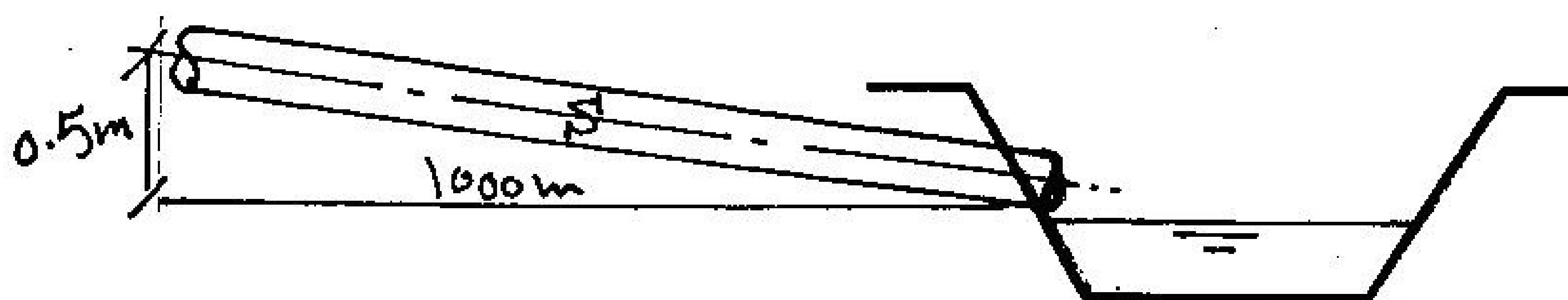
| "d" m | 0.125 | 0.15 | 0.20 | 0.26 |
|---|---|---|---|---|
| F.s. | 0.6 | 0.6 | 0.75 | 0.75 |
| L | 155.4 | 252.64 | 680.18 | 1369.33 |
| $L_{save} = L x p$ | 116.55 | 189.48 | 510.13 | 1027 |
| $L_{approximate}$ | 115 | 185 | 510 | 1025 |
| Each length | 115 | 70<br>185 – 115 | 325<br>510 – 185 | 515<br>1025 – 510 |

لأقرب ٥ متر بالنقص

∴ Total length of the collector = **1025 m**

3- Find the diameter of a cement pipe which can transport the outflow of 50 hectare with drainage rate 10 mm / day the length of the distance that water will be transported is 1.0k m and the difference in head between the inlet and the outlet is 0.5 m, assume reduction of capacity of 75%.

**Solution**




Slope $S = \frac{0.5}{1000} = 5 * 10^{-4}$

1 hectare = 10000 $m^2$

$Q = q\,BL = F.s\,(\,50\,d^{2.714}\,.\,S^{0.572}\,)$ "Smooth-Uniform"

BL = area = 50 hectare

$$\therefore \frac{10*50*10000}{1000*24*60*60} = 0.75(50d^{2.714}.(5*10^{-4})^{0.572})$$

$$\therefore d^{2.714} = 0.119$$

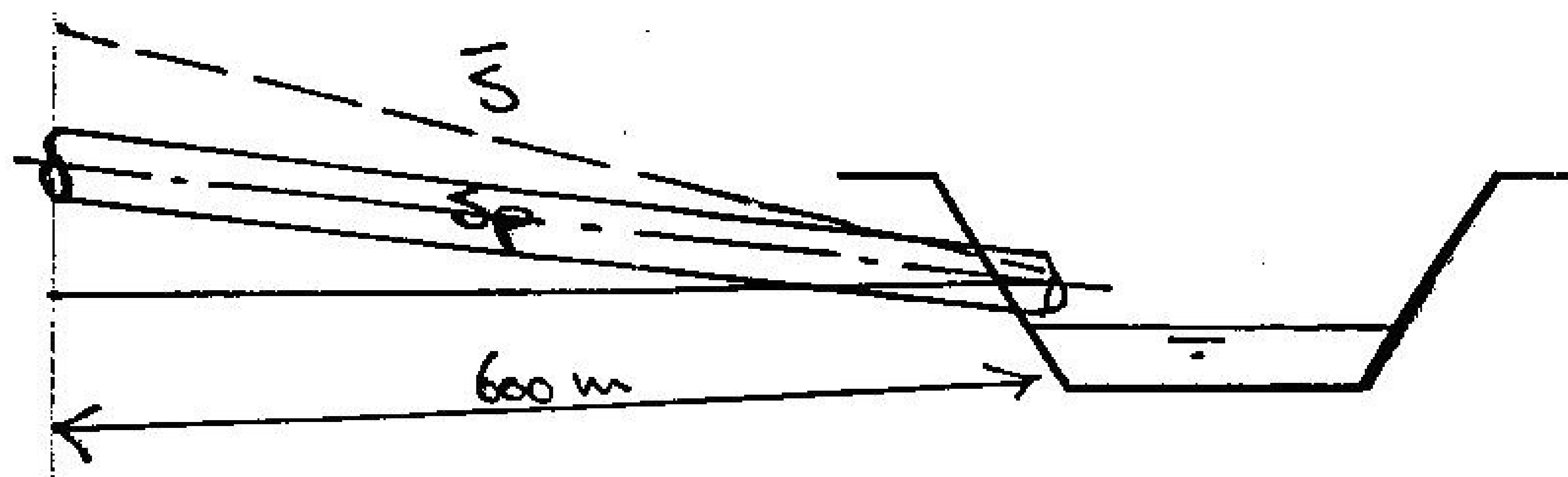
$$d = (0.119)^{\frac{1}{2.714}}$$

$$\therefore d = 0.457m = 457mm$$

---

4- A concrete collector with a diameter 20 cm, a length 600 m laid at slope 0.04%, drains an area 300 m wide with discharge rate 10 mm/day. What will be the over pressure at the upstream end of the collector if its capacity is to be set at 75%.

**Solution**




Slope "$S_p$" = 0.04 % = 0.04 * $10^{-2}$

$$Q = qBL = F.S\left[89d^{2.714}.\bar{S}^{0.572}\right]$$

$$\therefore \frac{10*300*600}{1000*24*60*60} = 0.75\left[89*(0.2)^{2.714}*\bar{S}^{0.572}\right]$$

$\therefore \bar{S} = 1.54*10^{-3} \neq S_p$

الضغط الزائد عند بداية الماسورة

$$\text{Over Pressure} = L\,.\,(\bar{S}-S_p)$$

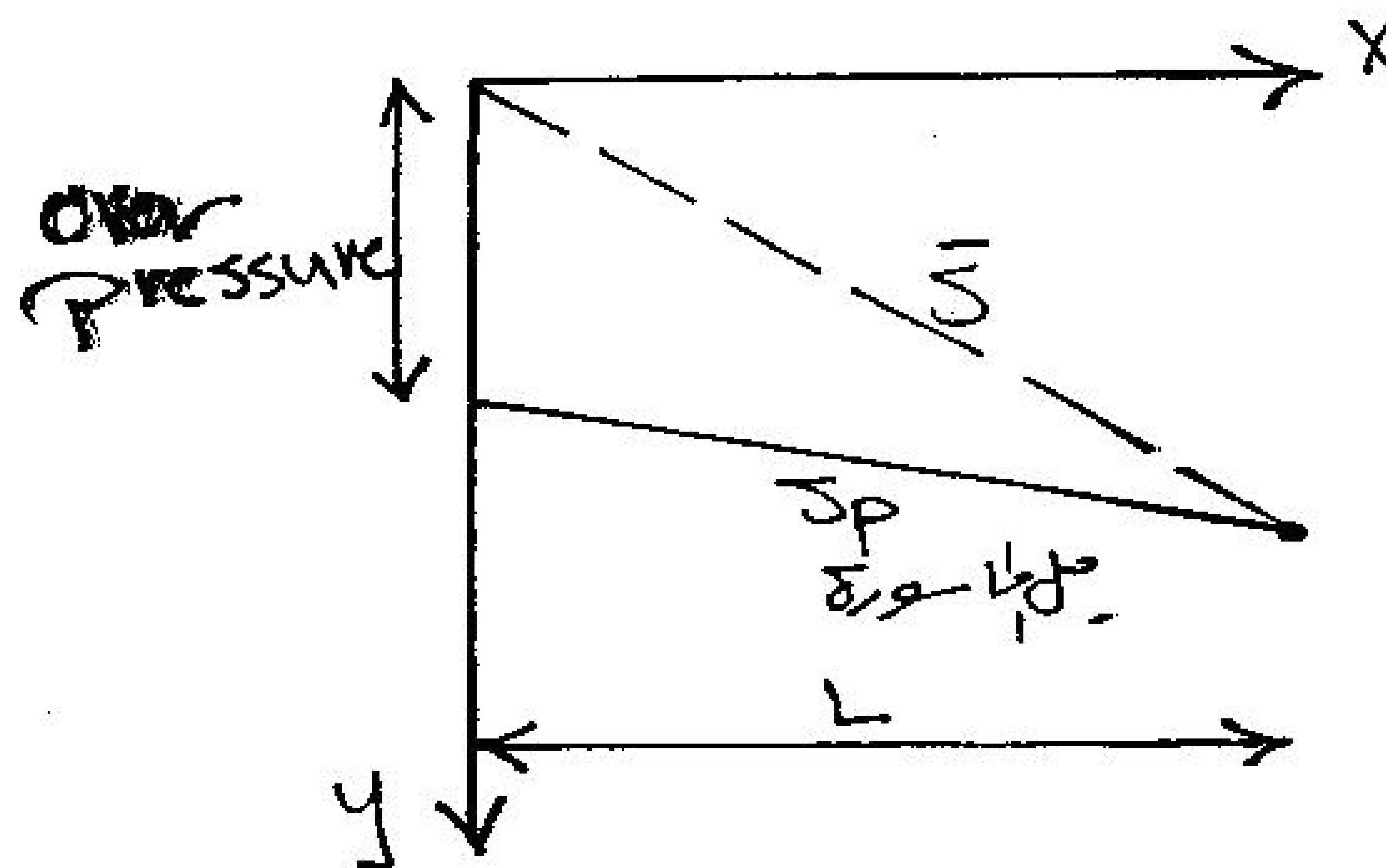
$$= 600 *(1.54* 10^{-3}-0.04 * 10^{-2})=0.68 \text{ m}$$

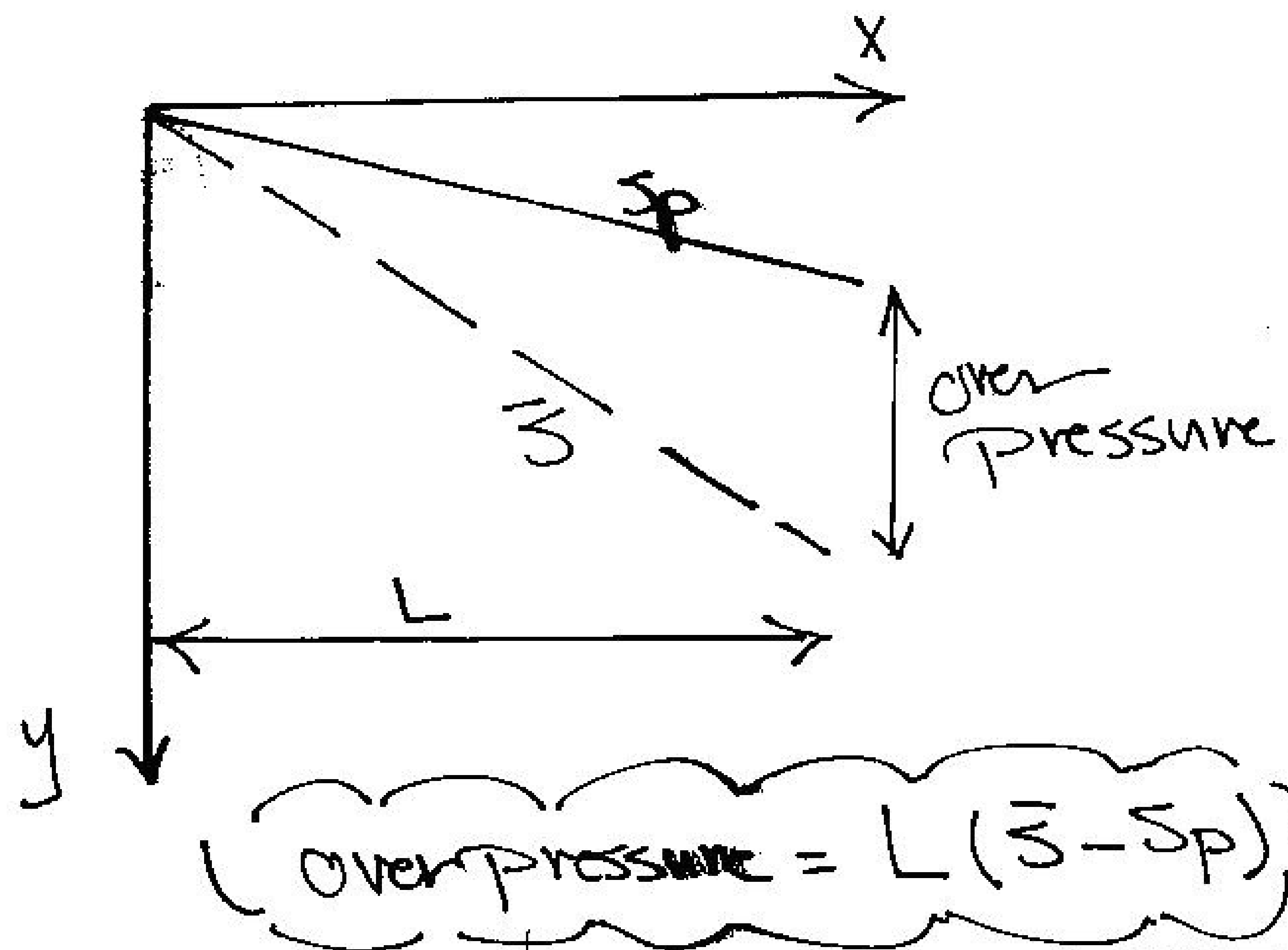
---

ملاحظة:

- في حالة Dewatering يكون الميل المثالي للماسورة ($\bar{S}$) وهو الميل الهيدروليكي المتوسط.

- في حالة اختلاف ميل الماسورة الفعلي ($S_p$) عن الميل المتوسط يتولد ضغط داخل الماسيورة over pressure



# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 8 صرف

# Materials used for subsurface drainage systems

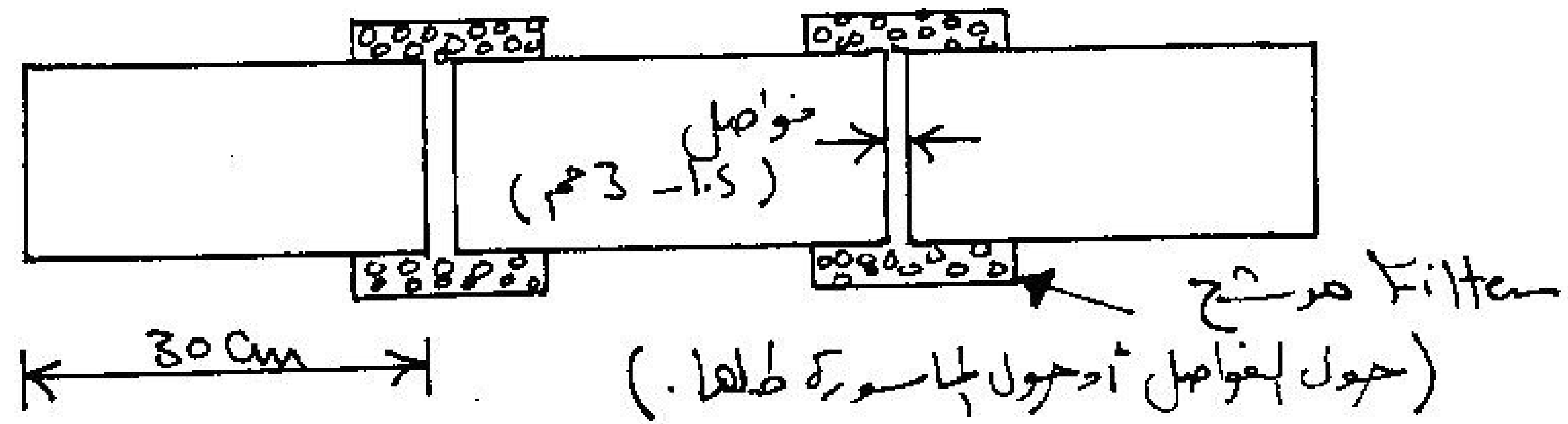
# الخامات المستخدمة في أعمال الصرف المغطي

## (1) مواسير الصرف : Pipe drains

وتكون من الفخار "clay" أو مونه الأسمنت "Concrete" أو البلاستيك "plastic".

### 1- المواسير الفخار : clay pipes

وتكون بطول حوالي (30 Cm) وقطرها الداخلي (10-15 cm) وترص تحت سطح الأرض حيث تدخل إليها المياه عن طريق الفواصل الصغيرة بين المواسير حيث تكون سمك هذه الفواصل حوالي (3mm- 1.5mm).




### 2- المواسير الأسمنتية: cement pipes

- تصنع من الخرسانة العادية ويتراوح قطرها من (30-50 cm) وبأطوال (70-100 cm) وتدخل اليها مياه الصرف عن طريق الوصلات

- عندما يزيد القطر عن (50 cm) يتم اضافة حديد تسليح.

- لها قدرة تحمل أكبر من المواسير الفخار.

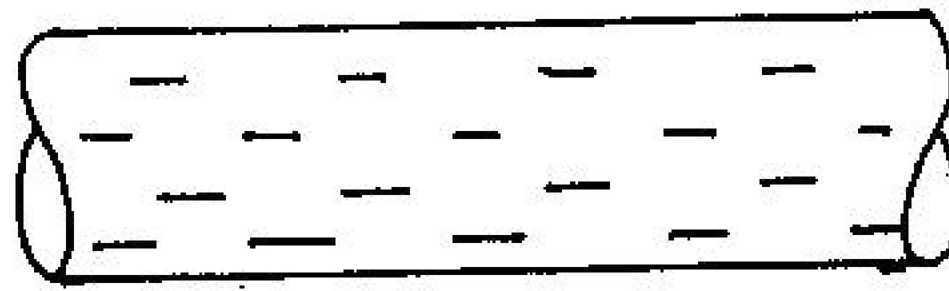
- من عيوبها التآكل في الأرض الملحية ويمكن معالجة هذا العيب باستخدام أسمنت مقاوم للكبريتات.

**3- أنابيب البلاستيك : plastic pipes**

وتستعمل حاليا علي نطاق واسع وتصنع من "poly vinyl chloride PVC" أو البولي إيثيلين "polyethylene PE" وتكون ملساء "smooth" ومتعرجة "corrugated" وبها ثقوب "slots" بأعداد معينة لدخول المياه .

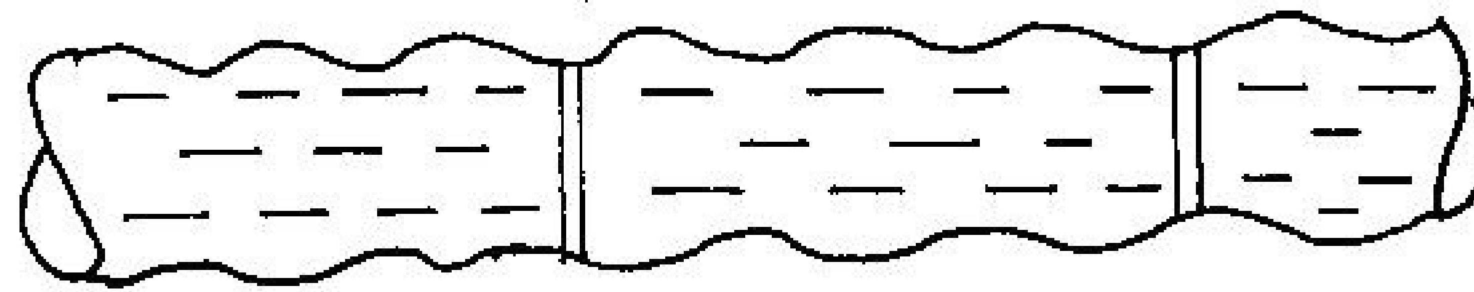
**Smooth pipes**

تصنع بأطوال 5 م ويتم عمل ثقوب علي سطحها الخارجي لدخول الماء.



**Corrugated pipes**

تصنع بأطوال 100-200 م وبأقطار 60- 125 مم وتتميز بزيادة مساحتها السطحية مما يتيح عمل عدد أكبر من الثقوب.



**Advantages and disadvantages of clay or concrete pipes:**

**مميزات وعيوب مواسير الصرف الفخار والأسمنتية :**

| Disadvantages العيوب | Advantages المميزات |
|---|---|
| 1- ثقيلة الوزن "heavy"<br>2- تتعرض للكسر عند النقل<br>3- تحتاج إلي عناية خاصة في التنفيذ<br>4- تتأثر بأملاح التربة | 1- تستخدم في صناعتها المواد المتاحة<br>2- قليلة التكلفة<br>3- متوفرة بأقطار كبيرة |

## Advantages and disadvantages of smooth and corrugated plastic pipes:

**مميزات وعيوب المواسير البلاستيك الملساء والمتعرجة :**

| Corrugated الأنابيب المتعرجة | Smooth الأنابيب الملساء | |
|---|---|---|
| 1- لها قدرة أكبر علي تحمل الضغوط الخارجية . 2- سهلة النقل والمناولة . | 1- تعمل علي سهولة حركة المياة بداخلها . 2- سهلة النقل والمناولة . | المميزات |
| 1- مكلفة . 2- ارتفاع المقاومة الهيدروليكية نتيجة التعاريج | 1- مكلفة . 2- تتحطم بسهولة إذا تعرضت للصدم | العيوب |

**كيفية أختيار نوع مواسير الصرف : (How to select drain pipes)**

1- علي أساس الأرخص في التكلفة .

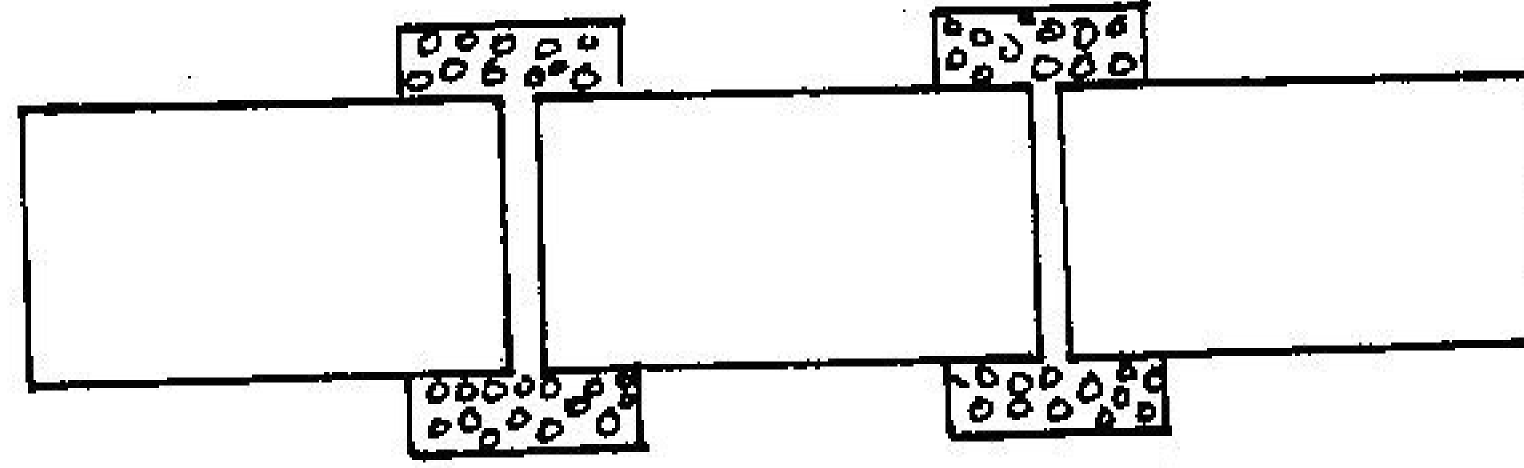
2- علي أساس الأكثر قدرة علي التحمل

3- علي أساس سهولة التصنيع من خامات محلية .

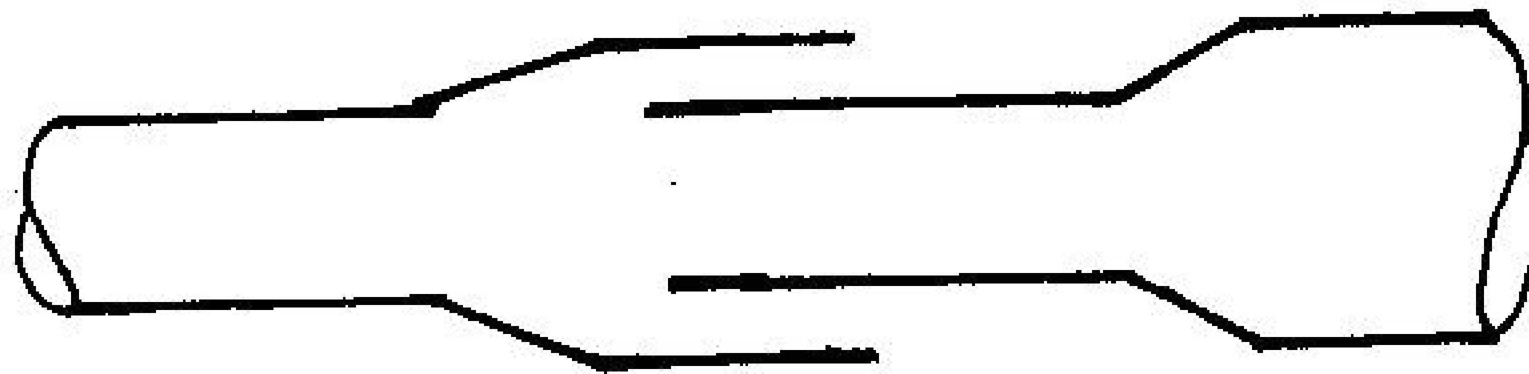
4- علي أساس سهولة النقل والمناولة .

## Types of pipe junctions أنواع وصلات المواسير

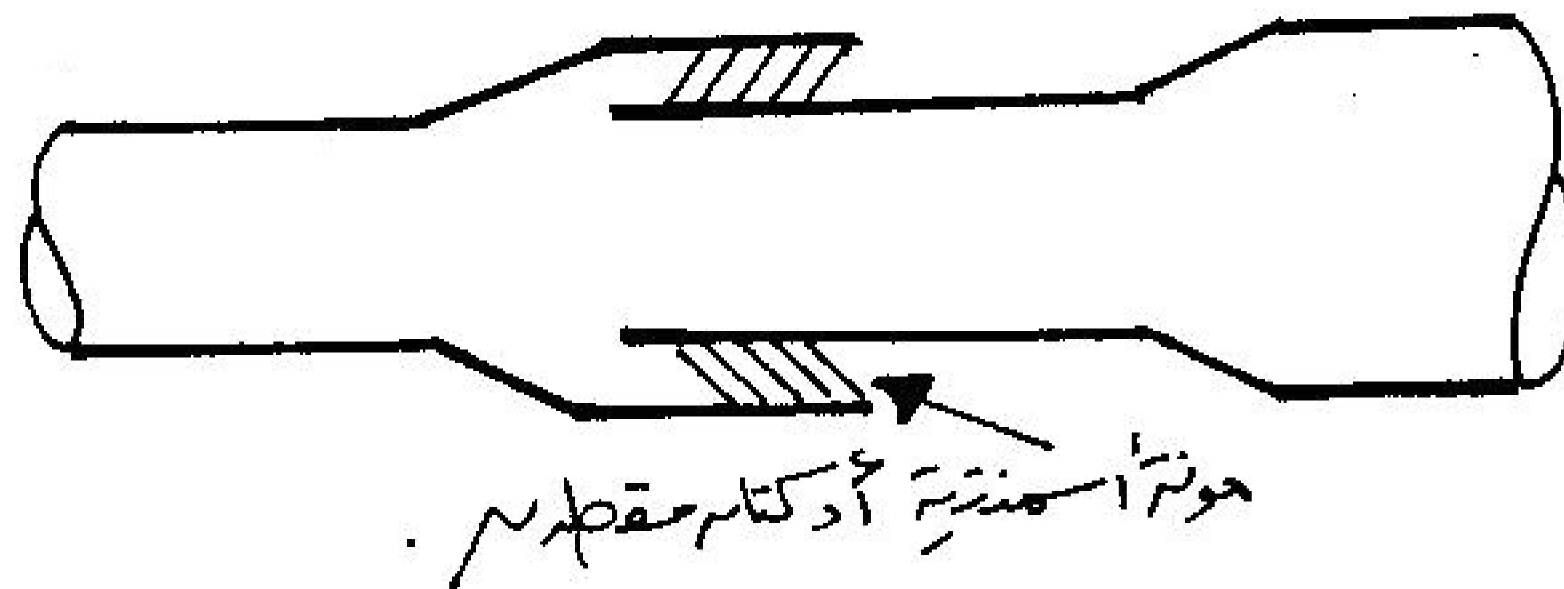
### 1- وصلات عادية منفصلة



### 2- وصلات متداخلة مفتوحة



### 3- وصلات متداخلة ملحومة




---

## The drain envelope " filter " المرشح

المرشح هو المادة التي يتم وضعها حول أنابيب الصرف " الحقليات "laterals وذلك :

1- لتنظيم حركة سريان المياة إلي داخل الحقلي وبالتالي تقليل الفواقد أثناء دخول المياء إلي الحقلي . (Hydraulic Function) (وظيفة هيدروليكية)

2- لمنع دخول حبيبات التربة إلي الحقلي وبالتالي تقليل تكاليف الصيانة.
(Filter Function)

## 1- المرشح الزلطي Gravel envelope

لتصميم المرشح الزلطي يتم عمل منحني التدرج الحبيبي للتربة وكذلك للتربة المستخدمة في المرشح (Sieve analysis).

**مواصفات المرشحات**

$$\frac{D_{15\ Filter}}{D_{15\ soil}} = (12\text{-}40)$$

$$\frac{D_{50\ Filter}}{D_{50\ soil}} = (12\text{-}58)$$

مادة الفلتر أكثر نفاذية من التربة حول الفلتر.

$$\frac{D_{15\ Filter}}{D_{85\ soil}} \leq 5$$

لضمان عدم تحرك حبيبات التربة الي داخل الفراغات البينية لمادة المرشح.

$$D_{100\ Filter} \leq 38\ mm$$

$$D_{90\ Filter} \leq 20\ mm \qquad D_{5\ Filter} \geq 0.42\ mm$$

حيث : $D_{15\ f}$ = قطر فتحة المنخل التي يمر منها (15%) من عينة الفلتر.

---

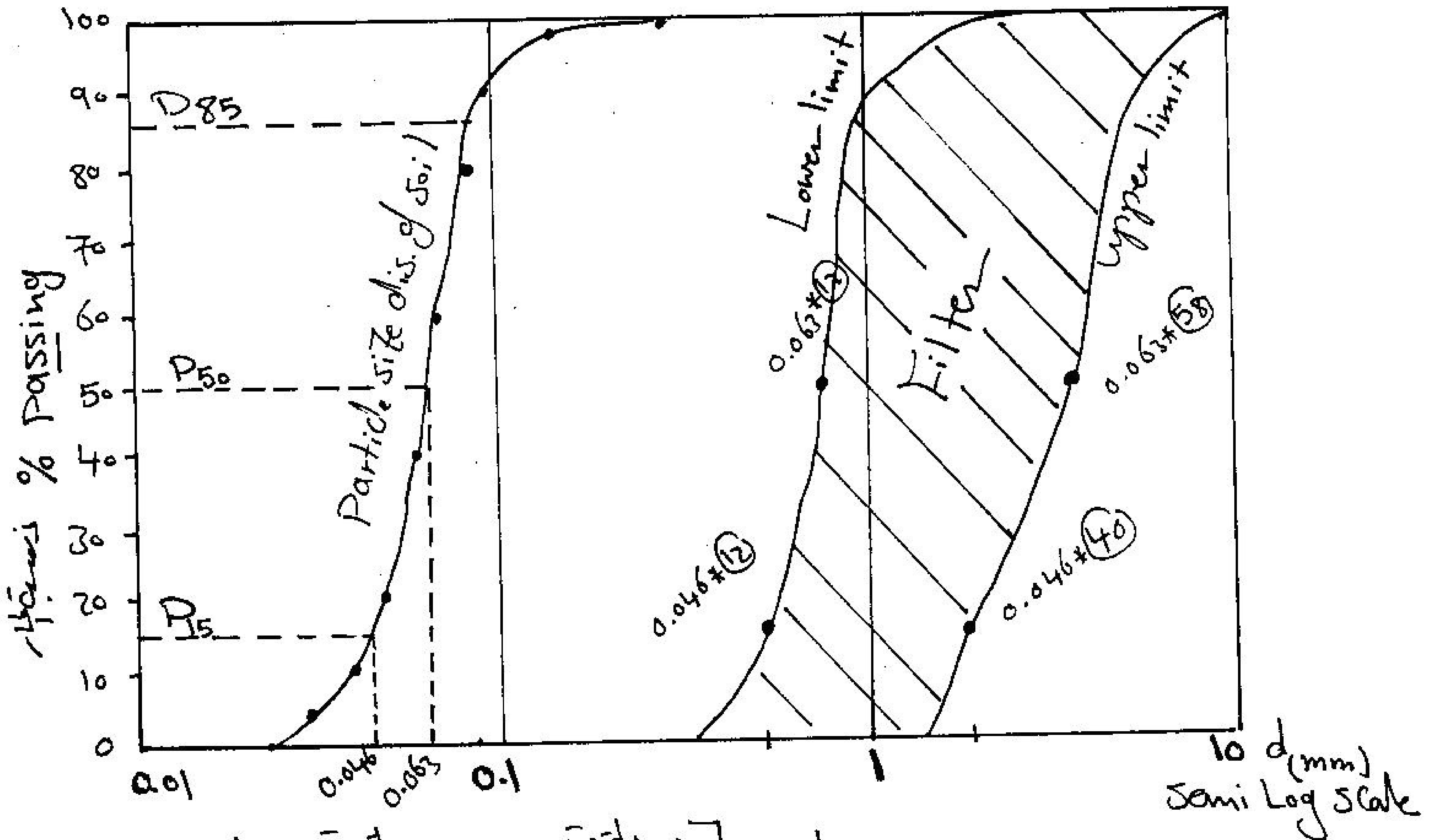
## 2- الفلتر الصناعي : Synthitic and organic envelope

يصنع من الألياف الصناعية ويستخدم حاليا علي نطاق واسع بدلا من المرشح الزلطي .

**Design a graded gravel envelope for drain pipes (in fine sandy soil) with the following grain size distribution:**

| Size(diameter) (mm) | 0.03 | 0.04 | 0.047 | 0.057 | 0.068 | 0.083 | 0.095 | 0.14 | 0.3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % finer (passing) | 4 | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 90 | 98 | 100 |

يتم اختيار أي مسافة Scale = 5 cm




[Log (القيمة المرادة) - Log (القيمة الصغرى في المرحلة)] * Scale = X

حيث X ( هي المسافة (بالسم) مقاسة من القيمة الصغرى في المرحلة.

مثال [Log(0.03) - Log(0.01)] * 5 = X    X = 2.4 cm

21

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 9 صرف

# Saline soil
# ملوحة التربة

**المشاكل التى تنشأ من زيادة ملوحة التربة Salinity problems :**

1- ارتفاع تركيز محلول التربة وبالتالي يزداد الضغط الاسموزي له فيصعب علي النبات سحب احتياجاته من الماء .

2- بعض الأملاح عند وجودها في التربة يؤدي ذلك إلي تكون تربة قليلة النفاذية.

3- وجود بعض الأملاح بتركيز كبير في التربة يؤدي إلي تلف الجذور .

---

**استصلاح الأراضي الملحية : Reclamation**

**المبادئ الأساسية التي تعتمد عليها فكرة استصلاح الأراضي الملحية :**

1- منع تكون أملاح جديدة.

2- غسيل الأملاح الموجودة للوصول بتركيز أملاح مناسب لنمو النبات.

3- استبدال الأملاح الغير قابلة للذوبان بأخري يسهل غسلها وإزالتها من التربة .

---

## Causes of soil salinity

**يعد ارتفاع منسوب المياه الجوفية هو السبب الرئيسي لملوحة التربة حيث تتبخر المياه من الطبقة السطحية وتترك الأملاح بالتربة.**

---

الأملاح

* Cations : $Na^+$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$

* Anions : $Cl^-$ (كلوريد), $CO_3^{--}$ (كربونات)

**كيفية علاج الأملاح**

**1- املاح قابلة للذوبان فى الماء (كلوريد الصوديوم)**

- يتم اضافة المياه للأرض بكميات كبيرة لإذابة الأملاح وخروجها مع مياه الصرف.

**2- املاح غير قابلة للذوبان فى الماء (كربونات الصوديوم)**

CEC : Cation exchange Capacity (سعة استبدال الكاتيونات)

- يمكن ازالتها بإضافة الجبس الزراعي (كبريتات الكالسيوم). (الجير الحي)

---

Step: Sodium exchangeable percentage 5→15% - تتحول الي كبريتات الصوديوم التي تذوب في الماء.

**معادلة الألتزان الملحي :**

$$EC_{iw} * D_{iw} = EC_{dw} * D_{dw}$$ **Salt balance equation**

$EC_{iw}$ = electric conductivity of the irrigation water

= salinity of irrigation water

التوصيل الكهربي لمياه الري (ملوحة مياه الري)

$EC_{dw}$ = electric conductivity of drainage water

= salinity of drainage water

التوصيل الكهربي لمياه الصرف (ملوحة مياه الصرف)

$D_{iw}$ = irrigation water added كمية مياه الري المضافة للأرض

$D_{dw}$ = drainage water كمية مياه الصرف المزالة من الأرض

**Leaching requirement: احتياجات الغسيل**

**هي كمية المياه التي تضاف للتربة كنسبة من مياه الري وذلك للمحافظة علي الاتزان الملحي بها .**

ويمكن حساب تلك النسبة بقسمة التوصيل الكهربي لمياه الري علي التوصيل الكهربي لمياه الصرف .

$$\therefore LR = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} * 100 = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} * 100$$

ويقاس التوصيل الكهربي للمحلول الملحي بوحدة تسمي (mmhos/cm)

$$1 \text{ mmhos/cm} = 640 \text{ gm/m}^3 = 640 \text{ PPm}$$

ويقاس تركيز الأملاح " الملوحة salinity " بوحدة (PPm) = جزء من المليون

| PPm= Part Per million = 1 gm/m$^3$ = 1 mgm / litre |
|---|

### Example 1:

The electric conductivity of irrigation water in an area is 0.35 mmhos/cm. If the salinity of drainage water is 2.0 mmhos/cm, what is the leaching requirement for this area? What will be the drainage rate if the irrigation requirement is 10 mm/day?

**Solution**

$$LR = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} * 100 = \frac{0.35}{2} * 100 = 17.5\%$$

$$LR = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} * 100$$

$$17.5 = \frac{D_{dw}}{10} * 100$$

$$D_{dw} = 1.75 \text{ mm/day}$$

**حساب كمية الأملاح المضافة إلى الأرض " accumulated "**

**أو المزالة منها " removed "**

| Quantity of salts = volume of water x salt concentration |
|---|
| كمية الأملاح = حجم المياه x تركيز الملح بها |





**Example 2:**

The salinity of ground water in an area of one hectare was 8 mmhos/cm and during a fallow season موسم الجفاف of 3 months the rate of capillary rise was 8 mm/day.

a) How much salts will be removed from the soil at the end of the fallow period?

b) How many tons of salts are contained in irrigation water added to 5 feddans during a crop season if the total crop water requirement is 1000 $m^3$ / feddan and the salinity of irrigation water is 0.9 mmhos/cm?

**Solution**

a) volume of water = $8 \times 10^{-3}$ * 3 شهور *30 *1*10000 = 7200 $m^3$

1mmhos /cm = 640 $gm/m^3$

$\therefore$ salt concentration = 8 x 640 = 5120 $gm/m^3$

**Salt removed = volume of water x salt concentration**

=7200 x 5120 x $10^{-6}$ = 36.86 ton.

---

b) volume of water = 1000 x 5 = 5000 $m^3$

salt concentration = 0.9 x 640 = 576 gm / $m^3$

**Salt accumulated = volume of water x salt concentration**

= 5000 x 576 x $10^{-6}$ = 2.88 ton

---

# Appendix

## Design Steps for Semi-Portable Irrigation System:

**1)- Calculate Net Water Requirement (NWR) in mm:**

$$NWR = \frac{\gamma_S . D}{\gamma_W} . M_L . (F.C - W.P)$$

$$= A_S . D . (RAM) \qquad (mm)$$

Where:

$\gamma_S$ = Specific weight of soil,
$\gamma_W$ = Unit weight of water,
D = Depth of root zone (mm),
F.C = Water content at field capacity,
W.P = Water content at at wilting point,
$A_S$ = Apparent specific gravity of soil, and
RAM= Readily available moisture.

**2)- Calculate Gross Water Requirement (GWR) in mm:**

$$GWR = \frac{NWR\ (mm)}{System\ Design\ Efficiency\ (E_a)} \times 100$$

**3)- Calculate Period Between two Successive watering (T) in Days:**

$$T = \frac{NWR\ (mm)}{C_u\ (mm/day)}$$

Where:

$C_U$ = Maximum consumptive use of water for plant.

***T*** is approximated to a whole number ( $T_{actual}$ ) and then adjusts each of ***NWR*** and ***GWR*** according to $T_{actual}$.

**4)- Calculate Available Number of Days for Irrigation( $T_{available}$ ) During the Period ( $T_{actual}$ ) such that:**

$$T_{available} \leq T_{actual}$$

**5)- Select the Sprinkler Spacing ($S_S$) and the number of sprinklers ($n_S$) Along the Lateral by one of the Following Methods:**

**A)**- $S_S$ is usually selected to match lengths of aluminum pipes used (3, 6, 9, 12, 15),

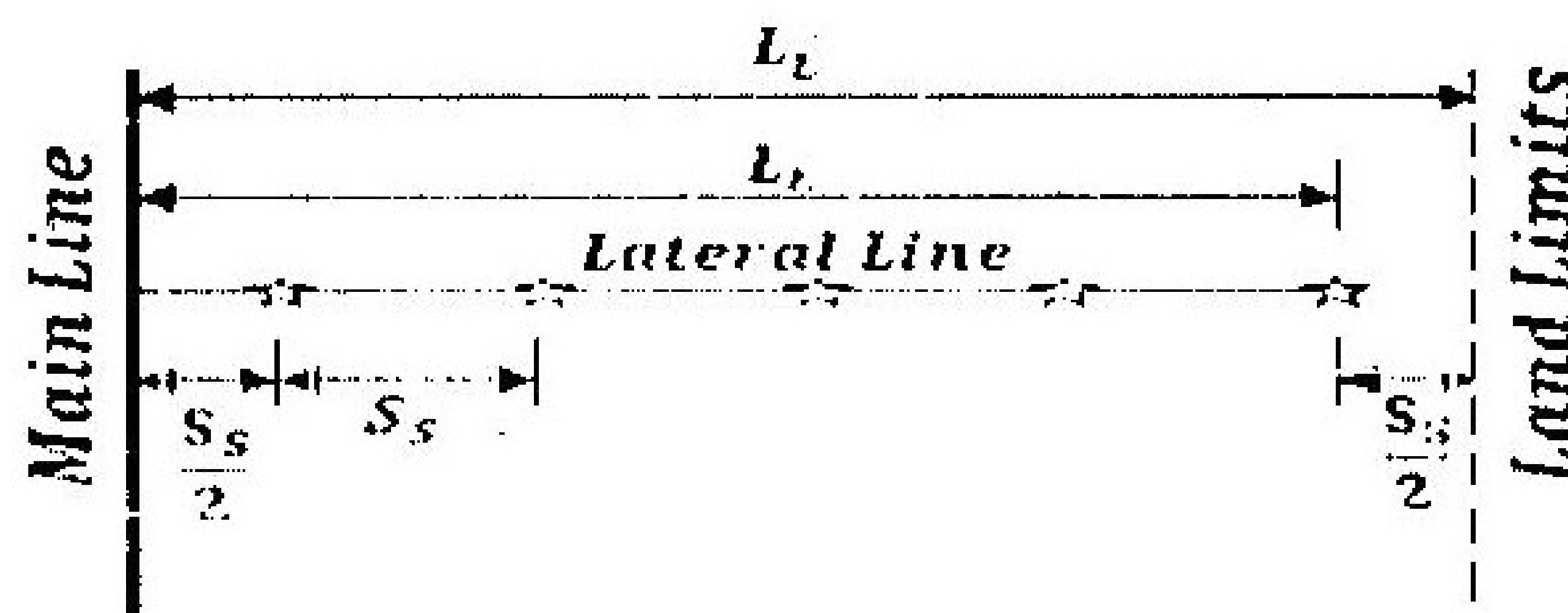
**B)**- $S_S$ is selected to match distances between rows of trees or crop,

**C)**- $S_S$ is selected according to sprinkler overlapping ratio (**P**) along the lateral and the wetted diameter of the sprinkler pattern ($D_w$) under no wind: $S_S = D_w(1-p)$

**D)** $S_S$ is selected to match the dimensions of the land and the proposed alignment of the system: by considering the first sprinkler is located at a distance $\frac{S_S}{2}$ from the beginning of the lateral and end sprinkler is located at a distance $\frac{S_S}{2}$ from land limits.

$$n_S = \frac{L_L}{S_S} + 0.5 = \frac{L_L'}{S_S}$$

Knowing $L_L'$ choose $S_S$ = 3,6,9,12,15 such that $n_S$ is a whole number.




*6)- Assume an Average value for the Application Rate ($R_a$ mm/hour) such that $R_{a,min} \le R_a \le I_c$ ($I_c$ is the infiltration capacity of soil).*

- **Proposed values of $R_{a,min}$** ***may be selected from the following table according to climatic regions:***

| *Climatic Region* | *$R_{a,min}$ (mm/hour)* |
|---|---|
| *Coastal Cold* | *2.5-3.8* |
| *Coastal Warm* | *3.8-5.1* |
| *Arid Cold and Dry* | *3.8-5.1* |
| *Arid Warm and Dry* | *5.1-7.6* |
| *Desert and Cold* | *7.6-12.7* |
| *Desert and Hot* | *12.7-19.0* |

*7)- Fix the time of irrigation for one set ($T_{set}$ hours):*

$$T_{Set} = \frac{GWR\ (mm)}{R_a\ (mm/hour)} \qquad (hours)$$

*8)- Fix number of available working hours ($t_{wh}$) per day such that:*

$$T_{wh} \le 24 \quad (hours)$$

**9)- Fix number of hours required to empty and move the lateral line from one position to another ($t_{move}$) such that:**

$$T_{move} = 1 - 2 \quad (hours)$$

**10)- Fix number of travels for each lateral line ($n_{set}$) per day such that:**

$n_{set} \le T_{wh} / (T_{Set} + T_{move})$ ($n_{set}$ Must be a whole number)

**11)- Fix total number of positions ($N_{set}$) the lateral line takeson one side of the main line during days of irrigation ($n_d$):**

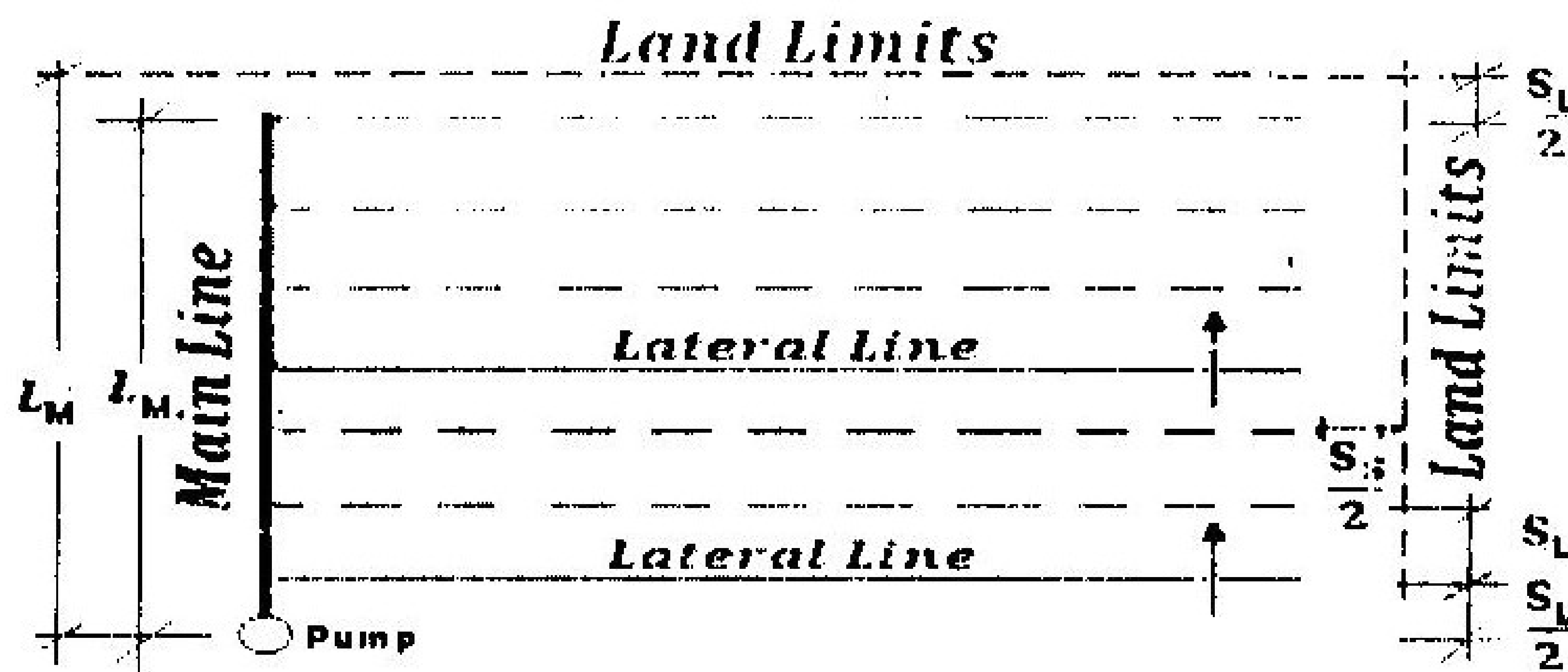
$N_{set} = n_L . n_{set} . n_d$ (1)

**Or**

*by the aid of the following figure assuming the first position is located at a distance* $\frac{S_L}{2}$ *from the beginning of the main line and last position is located at a distance* $\frac{S_L}{2}$ *from land limits.*

$$N_{Sset} = \frac{L_M}{S_L} + 0.5 = \frac{L'_M}{S_L} \qquad (2)$$

*($n_L$ is the number of laterals required to irrigate the field during days of irrigation, $S_L$ is the distance between lateral lines along the main line, $L_M$ is length of the main line, $L'_M$ is distance between land limits and the pump). If there is two main lines that have the same straight line, $L_M$ is taken as the sum of the two lengths.*




**12)- Fix is the distance between lateral lines along the main line ($S_l$) and the number of laterals required to irrigate the field during days of irrigation ($n_l$):**

*Equating equations 1& 2 yields:*

$$n_L = \frac{L'_M}{n_{set} \cdot n_d \cdot S_L}$$

*Choose* $S_L$ = 3,6,9,12,15 such that $n_L$ is a nearest whole number.

***13)- Choosing the suitable sprinkler:***

*From tables, Knowing average wind speed, average value for the Application Rate ($R_a$ mm/hour), and the distances $S_S$ & $S_L$ choose the suitable sprinkler (its orifice diameter mm, operating pressure, kg/cm², average discharge m³/hr, wet diameter m, and uniformity coefficient CU).*

- *Calculate actual application rate,* $R_A = \frac{q_s}{S_S S_L}$
- *Calculate actual* $T_{set} = \frac{D_g}{R_A}$
- *Calculate* $T_w = n_{set}(T_{set} + T_{move}) <$ *allowable working hours per day.*

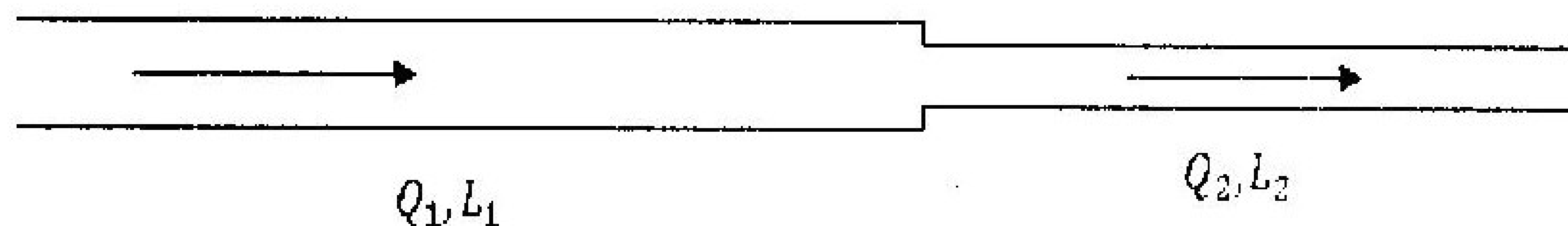
***14)- Calculate Lateral Diameter:***

*Follow steps illustrated in pages 222 - 228 and attached example.*

*(Check that* $\frac{h_{f(allowable)}}{H_a} < 20\ \%$*).*

***15)- Design of the main Line:***

*The discharge of the main line decreases at positions of laterals. The main line may be divided into two portions. The length and discharge of each portion can be determined.*




- *Calculate the discharge for each portion:*

  $Q_m = n_L \times Q_L$ *for each portion.*
- *Calculate the diameter of the pipe from* $Q = A.V$

  *(assume average velocity inside the pipe 1-2 m/sec)*
- *Calculate the head loss due to friction ($h_f$) for each portion from Darcy's equation:*

  $h_{f1} = 4\,F.\frac{L_1}{d_1}.\frac{V_1^2}{2g}$, $h_{f2} = 4\,F.\frac{L_2}{d_2}.\frac{V_2^2}{2g}$ *(assume a reasonable value for F)*
- *Calculate the total head loss due to friction for the pipe:*

  $H_f = h_{f1} + h_{f2}$
- *Calculate the total head at beginning of the Line:*

  $H_m = H_a + h_f + 0.1h_f$

  *(Assuming 10% more losses as a secondary losses)*
- *Check that* $\frac{h_f}{H_m} < 20\%$*.*

***16)- Determination Power of the Pump:***

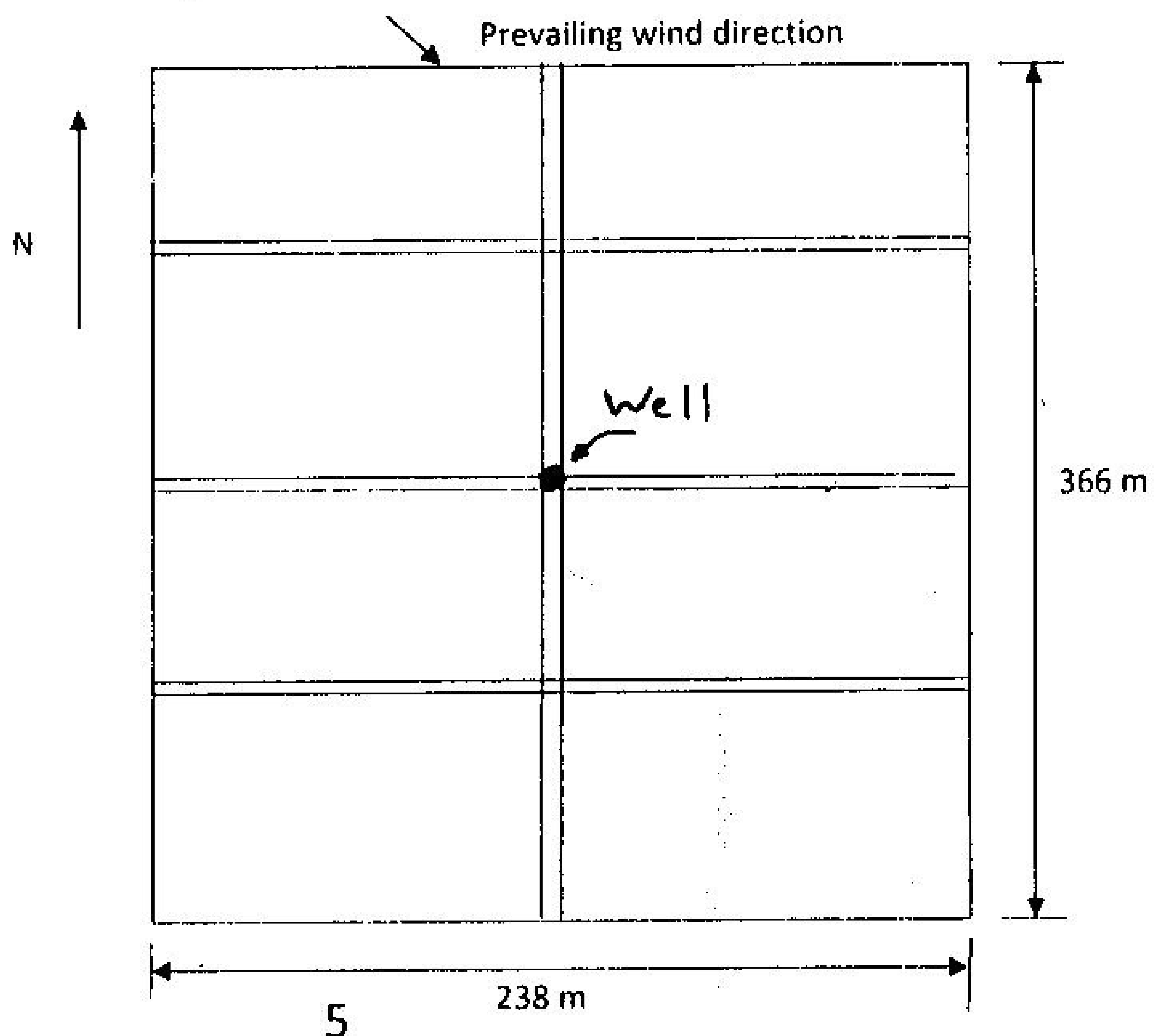
*(see pages 232-233)*

***Example:***

*Design a semi-portable irrigation system for the field shown in Fig. The field is irrigated from a well located at the center of the field. The land is plane and horizontal .The design includes the determination of direction and number of laterals, mains, and their diameters and choosing the suitable sprinkler and spacing in addition to the power of the pump.*

***Available data:***

- *Average wind speed = 3 m/sec.*
- *Soil is sandy loam.*
- *Root depth = 0.9 m.*
- *Moisture level = 0.4.*
- *Maximum consumptive use of water for plant = 6 mm/day.*
- *Irrigation efficiency = 65%.*
- *Available time for irrigation including lateral movement ≤ 20 hours/day.*
- *Sprinkler rate 6 – 8.5 mm/hour.*
- *Number of irrigation (working) days ≤ 85% of irrigation interval.*
- *Depth of water inside the well = 60 m.*
- *Losses in suction pipe = 1 m.*
- *Pump efficiency = 70%.*
- *Motor efficiency = 0.95.*
- *Pipes of well from steel (ε =0.012 cm).*
- *Pipes of main line from PVC (ε =0.004 cm).*
- *Pipes of laterals from aluminum (ε =0.02 cm).*
- *Available inside diameters mm: 12.5, 25.5, 37.5, 50, 62.5, 75, 100, 125, ..., 500.*
- *Specifications for sprinklers are given in attached tables.*
- *Riser height = 0.6 m.*



جدول (4-4-أ): الإختيار الأولى للرشاش

Wind: up to ... 0 Km/hr
$R_A$ : (mm/hr.)
Nozzle Size: (mm)
Av. Press: ($Kg/cm^2$)
Av. Discharge: ($m^3$/hr.)
Wet Diameter: (m)

| Water Application Rate ($R_A$) | | 0.8 - 1.8 | 2.0 - 3.0 | 3.3 - 4.3 | 4.6 - 5.6 | 5.8 - 6.8 | 7.1 - 8.1 | 8.4 - 9.4 | 9.7 - 10.7 | 10.9 - 11.9 | 12.2 - 13.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SP 6 X 12<br>($S_1 \times S_2$) | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | 1.59<br>2.11<br>0.11<br>18.60<br>84.00 | 1.98<br>2.11<br>0.18<br>19.82<br>84.00 | 2.38<br>2.11<br>0.30<br>20.73<br>84.00 | 2.38<br>3.17<br>0.36<br>21.95<br>84.00 | 2.78<br>2.46<br>0.50<br>21.55<br>84.00 | 3.18<br>2.39<br>0.57<br>22.56<br>84.00 | 3.19<br>2.81<br>0.66<br>23.78<br>84.00 | 3.57<br>8.46<br>0.77<br>24.39<br>84.00 | 3.18*2.38<br>2.25<br>0.84<br>22.56<br>90.00 | 2.18*2.38<br>2.81<br>0.95<br>23.17<br>90.00 |
| SP 9 X 12 | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | 1.98<br>2.11<br>0.18<br>19.82<br>81.00 | 2.38<br>2.11<br>0.30<br>20.73<br>82.00 | 2.38<br>3.52<br>0.39<br>22.56<br>83.00 | 2.78<br>3.17<br>0.57<br>22.87<br>82.00 | 3.18<br>3.31<br>0.58<br>25.30<br>83.00 | 3.57<br>3.17<br>0.86<br>25.91<br>83.00 | 3.97<br>2.81<br>1.04<br>27.13<br>85.00 | 3.57*2.38<br>2.67<br>1.11<br>23.48<br>88.00 | 3.97*2.38<br>2.46<br>1.25<br>25.91<br>88.00 | 3.97*2.38<br>3.03<br>1.41<br>26.83<br>30.00 |
| SP 9 X 15 | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | 2.38<br>1.76<br>0.26<br>20.12<br>83.00 | 2.38<br>2.81<br>0.34<br>21.65<br>83.00 | 2.78<br>2.81<br>0.52<br>22.26<br>86.00 | 3.18<br>3.17<br>0.70<br>25.30<br>86.00 | 3.57<br>3.52<br>0.91<br>26.22<br>86.00 | 3.97<br>3.17<br>1.11<br>27.44<br>84.00 | 3.97<br>3.87<br>1.23<br>27.74<br>85.00 | 4.37<br>3.87<br>1.41<br>29.57<br>66.00 | 3.97*3.18<br>2.81<br>1.64<br>26.52<br>86.00 | 4.37*2.38<br>3.24<br>1.77<br>28.05<br>90.00 |
| SP 12 X 12 | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | 2.38<br>1.76<br>0.28<br>20.12<br>77.00 | 2.78<br>2.11<br>0.45<br>21.04<br>78.00 | 3.18<br>2.46<br>0.61<br>23.48<br>82.00 | 3.57<br>2.46<br>0.77<br>25.91<br>86.00 | 3.18*2.38<br>2.81<br>0.95<br>23.17<br>87.00 | 3.97*2.38<br>2.46<br>1.20<br>25.61<br>88.00 | 3.97*2.38<br>2.81<br>1.36<br>27.13<br>89.00 | 3.97*3.18<br>2.46<br>1.52<br>25.91<br>90.00 | 4.37*2.38<br>2.81<br>1.68<br>27.74<br>90.00 | 4.37*3.18<br>3.03<br>1.88<br>27.74<br>90.00 |
| SP 9 X 18 | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | | | 3.18<br>2.81<br>0.66<br>24.39<br>88.00 | 3.57<br>3.17<br>0.86<br>25.91<br>88.00 | 3.97<br>3.17<br>1.11<br>27.44<br>89.00 | 4.37<br>3.17<br>1.29<br>28.66<br>88.00 | 4.76<br>3.17<br>1.54<br>30.49<br>85.00 | 4.76<br>3.87<br>1.73<br>31.10<br>87.00 | 5.16<br>3.66<br>1.93<br>31.40<br>84.00 | 5.56<br>3.52<br>2.16<br>32.32<br>89.00 |
| SP 12 X 15 | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | | | | 3.97<br>2.46<br>0.98<br>26.83<br>78.00 | 3.97*2.38<br>2.46<br>1.25<br>25.91<br>83.00 | 3.97*2.38<br>3.17<br>1.48<br>26.83<br>84.00 | 4.37*2.38<br>2.81<br>1.68<br>27.74<br>88.00 | 4.76*2.38<br>2.81<br>1.88<br>28.96<br>89.00 | 4.76*3.18<br>3.17<br>2.13<br>29.57<br>90.00 | 5.16*3.18<br>3.17<br>2.38<br>30.49<br>90.00 |
| SP 12 X 18 | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | | | | 3.97<br>3.52<br>[illegible]<br>[illegible]<br>83.00 | 4.37<br>3.87<br>1.41<br>29.57<br>85.00 | 4.76<br>3.87<br>1.70<br>31.10<br>85.00 | 5.16<br>3.87<br>1.98<br>31.71<br>84.00 | 5.56<br>3.87<br>2.27<br>32.62<br>86.00 | 5.16*3.18<br>3.52<br>2.54<br>30.79<br>88.00 | 5.56*3.18<br>3.73<br>2.82<br>32.01<br>86.00 |
| SP 12 X 21<br>OR 12 X 24<br>OR 12 X 27 | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | | | | | 4.76<br>3.87<br>1.88<br>37.50<br>88.00 | 5.16<br>3.66<br>1.93<br>31.71<br>88.00 | 5.56<br>4.08<br>2.36<br>32.93<br>86.00 | 5.56<br>4.50<br>2.50<br>40.24<br>88.00 | 6.35<br>4.93<br>3.50<br>42.99<br>84.00 | 7.14<br>4.57<br>4.25<br>43.29<br>88.00 |
| SP 18 X 18 | Nozzle Size<br>Av. Pressure<br>Av. Discharge<br>Wet Diameter<br>Cu(%) | | | | 4.76<br>4.22<br>1.77<br>38.41<br>88.00 | 5.16<br>4.57<br>2.20<br>39.63<br>68.00 | 5.56<br>4.57<br>2.52<br>40.65<br>88.00 | 5.56<br>5.63<br>2.86<br>42.68<br>88.00 | 6.35<br>4.79<br>3.45<br>42.68<br>88.00 | 5.56*4.76<br>3.52<br>3.77<br>36.59<br>84.00 | 8.35*[illegible]<br>3.52<br>4.34<br>38.11<br>86.00 |

| Water Application Rate ($R_A$) | | 0.8 - 1.8 | 2.0 - 3.0 | 3.3 - 4.3 | 4.6 - 5.6 | 5.8 - 6.8 | 7.1 - 8.1 | 8.4 - 9.4 | 9.7 - 10.7 | 10.9 - 11.9 | 12.2 - 13.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SP 6 X 12 ($S_1$ x $S_2$) | Nozzle Size | 1.59 | 1.98 | 2.38 | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.18 | 3.57 | 3.18*2.38 | 3.18*2.38 |
| | Av. Pressure | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 5.17 | 2.46 | 2.39 | 2.81 | 2.46 | 2.25 | 2.81 |
| | Av. Discharge | 0.11 | 0.18 | 0.30 | 0.36 | 0.50 | 0.57 | 0.66 | 0.77 | 0.84 | 0.95 |
| | Wet Diameter | 16.77 | 17.68 | 18.60 | 19.82 | 19.51 | 20.43 | 21.95 | 21.95 | 20.43 | 21.04 |
| | Cu(%) | 80.00 | 81.00 | 82.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 85.00 | 86.00 |
| SP 9 X 12 | Nozzle Size | 1.98 | 2.38 | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.57 | 3.97 | 3.57*2.38 | 3.97*2.38 | 3.97*2.38 |
| | Av. Pressure | 2.11 | 2.11 | 3.52 | 3.17 | 3.31 | 3.17 | 2.81 | 2.67 | 2.46 | 3.03 |
| | Av. Discharge | 0.18 | 0.30 | 0.39 | 0.57 | 0.68 | 0.86 | 1.04 | 1.11 | 1.25 | 1.41 |
| | Wet Diameter | 17.68 | 18.60 | 20.43 | 20.43 | 22.87 | 23.17 | 24.39 | 21.34 | 23.17 | 24.09 |
| | Cu(%) | 80.00 | 82.00 | 85.00 | 85.00 | 82.00 | 83.00 | 84.00 | 85.00 | 88.00 | 90.00 |
| SP 9 X 15 | Nozzle Size | 2.38 | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.57 | 3.97 | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 4.37*2.38 |
| | Av. Pressure | 1.76 | 2.81 | 2.81 | 3.17 | 3.52 | 3.17 | 3.87 | 3.87 | 3.52 | 3.24 |
| | Av. Discharge | 0.26 | 0.34 | 0.52 | 0.70 | 0.91 | 1.11 | 1.23 | 1.41 | 1.64 | 1.77 |
| | Wet Diameter | 17.99 | 19.51 | 20.12 | 22.87 | 23.48 | 24.70 | 25.00 | 26.52 | 27.74 | 25.30 |
| | Cu(%) | 62.00 | 70.00 | 75.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 87.00 | 85.00 | 86.00 | 85.00 |
| SP 12 X 12 | Nozzle Size | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.57 | 3.18*2.38 | 3.97*2.38 | 3.97*2.38 | 3.97*3.18 | 4.37*2.38 | 4.37*3.18 |
| | Av. Pressure | 1.76 | 2.11 | 2.46 | 2.46 | 2.81 | 2.46 | 2.81 | 2.46 | 2.81 | 3.03 |
| | Av. Discharge | 0.26 | 0.45 | 0.61 | 0.77 | 0.95 | 1.20 | 1.36 | 1.52 | 1.68 | 1.88 |
| | Wet Diameter | 17.99 | 18.90 | 21.04 | 22.87 | 21.04 | 23.17 | 23.78 | 23.17 | 25.00 | 25.00 |
| | Cu(%) | 80.00 | 80.00 | 83.00 | 83.00 | 83.00 | 84.00 | 87.00 | 86.00 | 86.00 | 90.00 |
| SP 9 X 18 | Nozzle Size | | | 3.18 | 3.57 | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 4.76 | 5.16 | 5.56 |
| | Av. Pressure | | | 2.81 | 3.17 | 3.17 | 3.17 | 3.17 | 3.87 | 3.66 | 3.52 |
| | Av. Discharge | | | 0.66 | 0.86 | 1.11 | 1.29 | 1.54 | 1.73 | 1.93 | 2.16 |
| | Wet Diameter | | | 21.95 | 23.17 | 24.70 | 25.91 | 27.44 | 28.05 | 28.35 | 28.96 |
| | Cu(%) | | | 80.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 | 86.00 | 86.00 | 87.00 |
| SP 12 X 15 | Nozzle Size | | | | 3.97 | 3.97*2.38 | 3.97*2.38 | 4.37*2.38 | 4.76*2.38 | 4.76*3.18 | 5.16*3.18 |
| | Av. Pressure | | | | 2.46 | 2.46 | 3.17 | 2.81 | 2.81 | 3.17 | 3.17 |
| | Av. Discharge | | | | 0.98 | 1.25 | 1.48 | 1.68 | 1.88 | 2.13 | 2.38 |
| | Wet Diameter | | | | 24.09 | 23.17 | 24.09 | 25.00 | 25.91 | 26.52 | 27.44 |
| | Cu(%) | | | | 76.00 | 76.00 | 76.00 | 83.00 | 84.00 | 85.00 | 88.00 |
| SP 12 X 18 | Nozzle Size | | | | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 5.16 | 5.56 | 5.16*3.18 | 5.56*3.18 |
| | Av. Pressure | | | | 3.52 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.59 | 3.73 |
| | Av. Discharge | | | | 1.18 | 1.41 | 1.70 | 1.98 | 2.27 | 2.54 | 2.82 |
| | Wet Diameter | | | | 25.00 | 26.52 | 28.05 | 28.66 | 29.27 | 27.74 | 28.66 |
| | Cu(%) | | | | 77.00 | 81.00 | 83.00 | 84.00 | 85.00 | 80.00 | 82.00 |
| SP 12 X 21<br>OR 12 X 24<br>OR 12 X 27 | Nozzle Size | | | | | 4.76 | 5.16 | 5.56 | 5.56 | 6.35 | 7.14 |
| | Av. Pressure | | | | | 3.87 | 3.66 | 4.08 | 4.50 | 4.93 | 4.17 |
| | Av. Discharge | | | | | 1.68 | 1.93 | 2.36 | 2.50 | 3.50 | 4.25 |
| | Wet Diameter | | | | | 31.71 | 31.71 | 32.93 | 34.76 | 37.80 | 39.02 |
| | Cu(%) | | | | | 86.00 | 86.00 | 88.00 | 85.00 | 88.00 | 90.00 |
| SP 18 X 18 | Nozzle Size | | | | 4.76 | 5.16 | 5.56 | 5.58 | 6.35 | 5.56*4.76 | 6.35*4.76 |
| | Av. Pressure | | | | 4.22 | 4.57 | 4.57 | 5.63 | 4.79 | 3.52 | 3.52 |
| | Av. Discharge | | | | 1.77 | 2.20 | 2.52 | 2.86 | 3.45 | 3.77 | 4.34 |
| | Wet Diameter | | | | 32.62 | 33.84 | 35.06 | 36.28 | 37.80 | 31.10 | 33.84 |
| | Cu(%) | | | | 80.00 | 82.00 | 83.00 | 84.00 | 84.00 | 78.00 | 83.00 |

جدول (4-4-ب):

الإختيار الأولى للرشاش

Wind: 8 to 16 Km/hr

$R_A$ : (mm/hr.)

Nozzle Size : (mm)

Av. Press: (Kg/cm$^2$)

Av. Discharge: (m$^3$/hr)

Wet Diameter: (m)

| Water Application Rate | | 0.8 -1.8 | 2.0 -3.0 | 3.3-4.3 | 4.6 -5.6 | 5.8 -6.8 | 7.1 -8.1 | 8.4 -5.4 | 9.7 -10.7 | 10.9 -11.9 | 12.2 -13.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SP 6 X 12 | Nozzle Size | 1.59 | 1.98 | 2.38 | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.18 | 3.57 | 3.57 | 3.97 |
| | Av. Pressure | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 3.17 | 2.46 | 2.39 | 2.61 | 2.46 | 3.17 | 2.60 |
| | Av. Discharge | 0.11 | 0.18 | 0.30 | 0.36 | 0.50 | 0.57 | 0.66 | 0.77 | 0.84 | 0.98 |
| | Wet Diameter | 13.72 | 14.33 | 14.94 | 14.94 | 15.85 | 16.46 | 16.77 | 17.68 | 18.60 | 19.21 |
| | Cu(%) | 72.00 | 73.00 | 76.00 | 78.00 | 81.00 | 83.00 | 84.00 | 84.00 | 86.00 | 84.00 |
| SP 9 X 12 | Nozzle Size | 1.98 | 2.38 | 2.38 | 2.78 | 3.18 | 3.57 | 3.97 | 3.97 | 4.37 | 3.97*2.38 |
| | Av. Pressure | 2.11 | 2.11 | 3.52 | 3.17 | 3.31 | 3.17 | 2.81 | 3.24 | 3.17 | 3.03 |
| | Av. Discharge | 0.18 | 0.30 | 0.39 | 0.57 | 0.68 | 0.86 | 1.04 | 1.14 | 1.29 | 1.41 |
| | Wet Diameter | 14.33 | 14.94 | 16.46 | 16.46 | 18.29 | 18.60 | 19.82 | 20.43 | 20.43 | 19.51 |
| | Cu(%) | 68.00 | 69.00 | 72.00 | 73.00 | 75.00 | 76.00 | 82.00 | 85.00 | 85.00 | 82.00 |
| SP 9 X 15 | Nozzle Size | | | | 3.18 | 3.57 | 3.97 | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 5.16 |
| | Av. Pressure | | | | 3.17 | 3.52 | 3.17 | 3.87 | 3.87 | 3.52 | 3.17 |
| | Av. Discharge | | | | 0.68 | 0.91 | 1.11 | 1.23 | 1.41 | 1.64 | 1.79 |
| | Wet Diameter | | | | 18.29 | 18.90 | 19.82 | 20.12 | 21.34 | 22.26 | 22.56 |
| | Cu(%) | | | | 74.00 | 77.00 | 80.00 | 81.00 | 84.00 | 86.00 | 85.00 |
| SP 12 X 12 | Nozzle Size | | | | 3.57 | 3.97 | 4.37 | 4.37 | 4.76 | 5.16 | 5.16 |
| | Av. Pressure | | | | 2.46 | 2.46 | 2.46 | 3.52 | 3.17 | 2.81 | 3.52 |
| | Av. Discharge | | | | 0.77 | 0.98 | 1.16 | 1.36 | 1.54 | 1.68 | 1.88 |
| | Wet Diameter | | | | 18.29 | 19.21 | 20.43 | 21.04 | 22.26 | 22.26 | 22.87 |
| | Cu(%) | | | | 70.00 | 72.00 | 76.00 | 81.00 | 84.00 | 84.00 | 84.00 |
| SP 9 X 18 | Nozzle Size | | | | 3.57 | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 4.76 | 5.16 | 5.56 |
| | Av. Pressure | | | | 3.17 | 3.17 | 3.17 | 3.17 | 3.87 | 3.52 | 3.52 |
| | Av. Discharge | | | | 0.96 | 1.11 | 1.29 | 1.54 | 1.73 | 1.93 | 2.16 |
| | Wet Diameter | | | | 18.90 | 20.43 | 21.04 | 22.26 | 22.87 | 23.17 | 23.17 |
| | Cu(%) | | | | 60.00 | 65.00 | 75.00 | 80.00 | 83.00 | 83.00 | 83.00 |
| SP 12 X 15 | Nozzle Size | | | | 3.97 | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 5.16 | 5.56 | 5.16*3.18 |
| | Av. Pressure | | | | 2.46 | 3.87 | 3.87 | 3.80 | 3.52 | 3.52 | 3.17 |
| | Av. Discharge | | | | 0.98 | 1.23 | 1.41 | 1.68 | 1.88 | 2.16 | 2.38 |
| | Wet Diameter | | | | 19.51 | 20.43 | 20.73 | 22.26 | 23.17 | 23.48 | 22.26 |
| | Cu(%) | | | | 55.00 | 60.00 | 70.00 | 75.00 | 77.00 | 79.00 | 75.00 |
| SP 12 X 18 | Nozzle Size | | | | 3.97 | 4.37 | 4.76 | 5.16 | 5.56 | 5.56 | 5.56*3.18 |
| | Av. Pressure | | | | 3.52 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 4.57 | 3.73 |
| | Av. Discharge | | | | 1.18 | 1.41 | 1.70 | 1.98 | 2.27 | 2.52 | 2.82 |
| | Wet Diameter | | | | 20.43 | 21.34 | 22.87 | 25.91 | 26.22 | 27.13 | 23.17 |
| | Cu(%) | | | | 84.00 | 70.00 | 73.00 | 81.00 | 82.00 | 83.00 | 75.00 |
| SP 12 X 21 OR 12 X 24 OR 12 X 27 | Nozzle Size | | | | | | 5.16 | 5.58 | 5.56 | 6.35 | 7.14 |
| | Av. Pressure | | | | | | 3.66 | 4.08 | 4.50 | 4.93 | 4.57 |
| | Av. Discharge | | | | | | 1.83 | 2.36 | 2.50 | 3.50 | 4.25 |
| | Wet Diameter | | | | | | 26.61 | 26.52 | 27.13 | 31.10 | 31.40 |
| | Cu(%) | | | | | | 76.00 | 78.00 | 79.00 | 80.00 | 76.00 |
| SP 18 X 18 | Nozzle Size | | | | | | | 5.56 | 6.35 | 6.35 | 6.35*4.78 |
| | Av. Pressure | | | | | | | 5.63 | 4.79 | 5.63 | 3.52 |
| | Av. Discharge | | | | | | | 2.86 | 3.45 | 3.82 | 4.34 |
| | Wet Diameter | | | | | | | 28.96 | 31.10 | 31.40 | 27.74 |
| | Cu(%) | | | | | | | 66.00 | 75.00 | 76.00 | 74.00 |

جدول (4-4-د):

الإختيار الأولى للرشاش

Wind: 24 to 32 Km/hr

$R_A$ : (mm/hr.)

Nozzle Size : (mm)

Av. Press: (Kg/cm$^2$)

Av. Discharge: (m$^3$/hr.)

Wet Diameter: (m)

غالبا مايكون أقصى ضغط عند بداية الخط، وأقل ضغط عند نهايته، ومــن معادلــة الطاقة (برنولى) ينتج أن:

$$\left(\frac{\Delta p}{\gamma_w}\right) = \frac{p_1}{\gamma_w} - \frac{p_2}{\gamma_w} = (z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}\right) + h_{L_{1,2}} \qquad \text{(4-11-a)}$$

حيث $h_{L_{1,2}}$ تشمل الفاقد نتيجة الاحتكاك والفواقد الثانوية. وبإهمال فرق ضاغط السرعات لصغره ينتج أن:

$$\left(\frac{\Delta p}{\gamma_w}\right) = (z_2 - z_1) + h_{L_{1,2}} \leq 0.2\left(\frac{p_o}{\gamma_w}\right) \qquad \text{(4-11-b)}$$

$$\text{i.e.} \quad h_{L_{1,2}} \leq 0.2\left(\frac{p_o}{\gamma_w}\right) + (z_1 - z_2) \qquad \text{(4-11-c)}$$

يمكن تحديد مصادر الفواقد الثانوية (الوصلات، الصمامات ... الخ) وتقديرها بدقـــة بدلالة ضاغط السرعة فى بداية الخط، أو تؤخذ حوالى 10-15% من الفاقد نتيجة الاحتكاك ($h_f$) ،وعلى ذلك ينتج أن:

$$h_{L_{1,2}} = (1.1 \rightarrow 1.15)\, h_{f_{1,2}} \leq 0.2\left(\frac{p_o}{\gamma_w}\right) + (z_1 - z_2) \qquad \text{(4-11-d)}$$

$$\text{i.e.} \quad h_{f_{1,2}} \leq \frac{1}{(1.1 \rightarrow 1.15)}\left[\left(\frac{p_o}{\gamma_w}\right) + (z_1 - z_2)\right] \qquad \text{(4-11-e)}$$

ولحساب القطر المطلوب d (ثابت) والذى يسبب فاقدا بالاحتكاك يســاوى $h_f$ فــى انبوب طوله L ، ويمر فيه تصرف ثابت Q يمكن استعمال أى من المعـــادلات : دارســى-فايسباخ، هازان- ويليامز ، أو سكوبى، وإن كانت الأولى هى الأدق. وحيــث أن التصــرف خلال خط الرشاشات يتناقص تدريجيا فى اتجاه التدفق، يراعى ضرب الطرف الأيمن لــهذه المعادلات فى المعامل (F) ، جدول (4-5) ، ويسمى معامل الفتحات. وقيمة (m) فى هـــذا الجدول تساوى قيمة الأس للتصرف Q ،تبعا للمعادلة المستعملة. أما فى الأنابيب التى يمـر فيها تدفق ثابت من بدايتها إلى نهايتها فيجب اعتبار F = 1

**أولا: معادلة دارسى- فايسباخ (Darcy-Weiszbach's equation)**

$$h_f = F\left(\frac{8}{\pi^2 g}\right)\lambda L\left(\frac{Q^2}{d^5}\right) \qquad , m = 2 \qquad \text{(4-12)}$$

وهذه المعادلة متجانسة بعديا، لذا يمكن استخدام أية وحدات متجانسة فيها، λ = معـــامل الاحتكاك (كمية غير بعدية) ، وتعتمد قيمته على كلا من رقم رينولدز ($R_N$) للتدفق، محســوبا على أساس السرعة المتوسطة عند مدخل الأنبوب، والخشــونة النسـبية ($\frac{\varepsilon}{d}$)، حيــث ε = الخشونة المطلقة المعادلة لجدار الأنبوب، حسب نوع مادة الأنبوب وحالة جداره الداخلى.

$$R_N = \frac{4}{\pi}\left(\frac{\rho Q}{\mu d}\right) \qquad \text{(4-13-a)}$$

حيث ρ, μ كثافة الماء ولزوجته الديناميكية، على الترتيب.

8

١/٥٠

# IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING

## 2nd Year civil

## Second Term (2009)

## Revision Mid Term

## هندسة الرى

## 2009

| Zagazig University<br>Faculty of Engineering<br>Civil Engineering Dept | Mid Term Exam<br>April 2004 | Irrigation Engineering |
|---|---|---|

**N.B: Solve the irrigation and drainage in two separate sheets**

Answer the following questions

*Question (1):* (5-degrees)

Compare between each pair of the following terms:

(a) Field capacity and welting point.

(b) Crop rotation and irrigation rotation.

(c) Water application efficiency and water distribution efficiency.

*Question (2):* (10-degrees)

A rice zone of area served 12000 feddans irrigated from a main canal in two turns (A) and (B). If the area served of the (A) turn is 40% of the total main canal area served and the crop pattern for the whole area is as follows: 35% cotton, 30% rice and 25% sharaki prepared to be cultivated with maize. If the working period is 4 days, it is required to

(a) Calculate the field water duty?

(b) Calculate the water duty and the discharge of the distributor canals (A) and (B)?

(c) Calculate the water duty and the discharge of the main canal?

(d) What the corresponding values after the turn of sharaki irrigation?

With best wishes,

Exam Committee

بسم الله الرحمن الرحيم

ري

# Mid term 2004

## Q(1):

(a)

**Field capacity**

هي نسبة الرطوبة الموجودة بالتربة بعد التخلص من الماء الحر منها وثبوت المحتوى المائي عند مستوى ثابت.

**Wilting point**

هي نسبة الرطوبة داخل التربة التي يجد عندها النبات صعوبة في امتصاص الماء من داخل التربة.

(b)

**crop rotation**

هي تبادل زراعة المحاصيل المختلفة على نفس الرقعة الزراعية للحفاظ على خصوبة التربة.

**irrigation rotation**

هي عملية تبادل ري المحاصيل المختلفة.

(c)

**application eff.**

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100$$

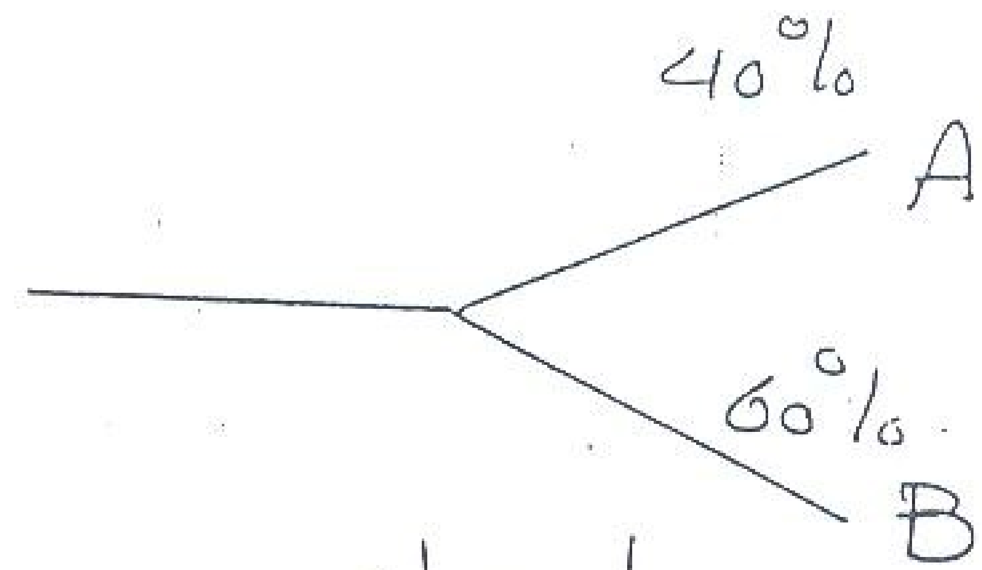
هي النسبة بين كمية الماء المخزنة داخل التربة إلى كمية الماء الواصلة للتربة.

**distribution eff.**

$$E_d = (1 - \frac{y}{d}) \times 100$$

## Q(2) :

**Given:** - area = 12000 f.




| Cotton | Rice | sharaki |
|---|---|---|
| 35% | 30% | 25% |
| 350 $m^3$/fd/d | 420 | 760 |
| 14-18 day | 8 | 28-36 |

أقصى (peak) — bracket applies to the 350 / 14-18 rows

- working period = 4 day

**Req.:**

a - F.W.D = ??

b - $(D.c)_{W.D}$ = ??

$(Q_{D.C})_A$ = ?? , $(Q_{D.C})_B$ = ??

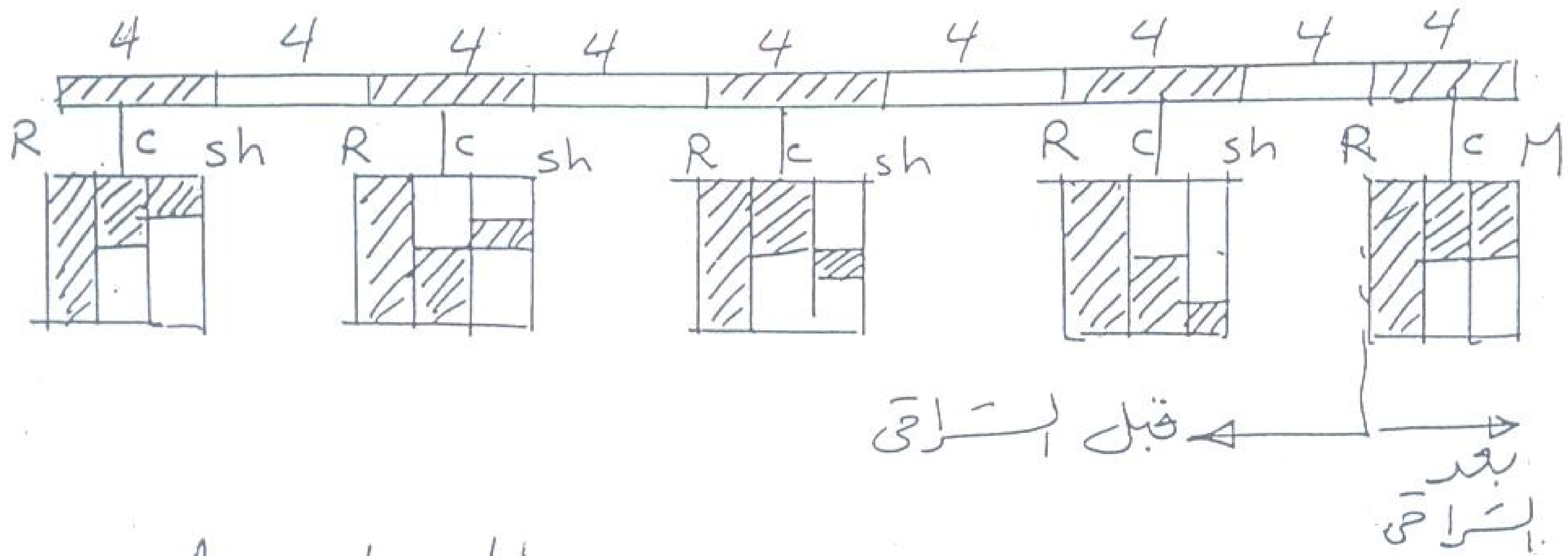
c - $(M.c)_{W.D}$ = ?? , $Q_{M.C}$ = ??

d - after sharaki irrigation.

**Sol.:**

$$Area_{(A)} = \frac{40}{100} \times 12000 = 4800 \text{ f.}$$

$$Area_{(B)} = \frac{60}{100} \times 12000 = 7200 \text{ f.}$$




شراقى قطن //

befor sharaki

$$- F.W.D = \frac{0.3 \times 420}{4 \times 1} + \frac{0.35 \times 350}{4 \times 2} + \frac{0.25 \times 760}{4 \times 4}$$

$$= 58.7 \ m^3/f/day$$

$$- (D.C)_{W.D} = 1.1 \times 58.7 = 64.6 \ m^3/f/d$$

$$- (M.C)_{W.D} = \frac{1.2 \times 58.7}{2} = 35.2 \ m^3/f/d$$

$$(Q_{D.C})_A^{\text{الزمام}} = \frac{64.6 \times 4800}{24 \times 60 \times 60} = 3.58 \ m^3/s$$

$$(Q_{D.C})_B^{\text{الزمام}} = \frac{64.6 \times 7200}{24 \times 60 \times 60} = 5.38 \ m^3/s$$

$$Q_{M.C} = \frac{(M.C)_{W.D} \times \text{designed area surfed}}{24 \times 60 \times 60}$$

$$= \frac{35.2 \times (7200 \times 2)}{24 \times 60 \times 60} = 5.9 \ m^3/s$$

after sharaki :

$$F.W.D = \frac{0.3 \times 420}{4 \times 1} + \frac{0.35 \times 350}{4 \times 2} + \frac{0.25 \times 350}{4 \times 2}$$

$= 57.8 \ m^3/f/d$

$(D.C) W.D = 1.1 \times 57.8 = 63.6 \ m^3/f/d$

$$(M.C) W.D = \frac{1.2 \times 57.8}{2} = 34.7 \ m^3/f/d$$

$$(Q\ D.C)_A = \frac{63.6 \times 4800}{24 \times 60 \times 60} = 3.5 \ m^3/s$$

$$(Q\ D.C)_B = \frac{63.6 \times 7200}{24 \times 60 \times 60} = 5.3 \ m^3/s$$

$$Q\ M.C = \frac{34.7 \times (7200 \times 2)}{24 \times 60 \times 60} = 5.8 \ m^3/s$$

Q1- If the soil moisture characteristics of a clayey soil which has a bulk density of 1.25 gm/cm3 is given below in a table. the soil moisture tension in a depth equal to the root zone is equivalent to 760 cm of mercury .

It is required to :

1- The depth would the irrigation application of 2.4 inch of water sock the soil.
2- Determine the pore space of the soil if the average value of particle density is 2.5 gm/cm3
3- What would be the saturation, and wilting coefficients.
4- Find the soil moisture deficiency. Clay Sand

| S.M.T(atm.) | 0.00 | 0.2 | 0.33 | 0.50 | 1.0 | 5.0 | 15.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pw (%) | 42.3 | 34.8 | 28.6 | 26.3 | 24.5 | 19.8 | 17.4 |

Q2- write the relationship between each of the following pairs

a- volume of moisture content and apparent specific gravity
b- frequency of irrigation and depth of water stored in the root zone
c- discharge passing through canal cross section and area served
d- soil moisture stress and osmotic pressure

Q3- prove that:

a- $n = 1 - (A_s/R_s)$
b- $e = (R_s/A_s) - 1$
c- $P_v = P_w \times A_s$

Q4-

a- what is the main assumption made by kirkham to solve his steady state solution of the drain spacing equation.

b- Drive the Donnan equation for the spacing of ditches detailing the assumptions and limitations of the equation. Explain also the significant of the equivalent depth term which Hooghout introduce into this equation

c- A drain system was installed at a spacing of 30.0 m in a soil with hydraulic conductivity of 10.0 cm/day. The depth of impermeable layer was 6.0 m below drains. What will be the value of head loss at entry if corrugated plastic pipe of diameter 80 mm and resistance factor 0.1 was used for steady water condition inducing a water table height 0.60 m med way between drains.

$$h = \frac{\alpha \cdot q}{K}$$

Q (1): Given:

$\gamma_{bulk} = 1.25\ kg/cm^2$

clay, sand

| S.M.T (atm) | 0.0 | 0.2 | 0.33 | 0.5 | 1.0 | 5.0 | 15.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pw % | 42.3 | 34.8 | 28.6 | 26.3 | 24.5 | 19.8 | 17.4 |

S.M.T. ≃ 760 cm of mercury

Req.: -

1- D = 2.4 inch → d = ??

2- n = ?? , Rs = 2.5

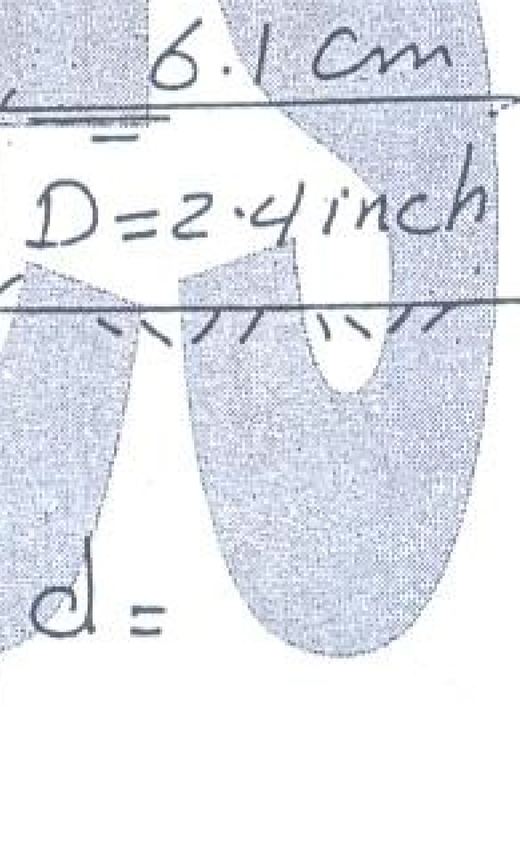
3- Sat. Coeff.

Wilting Coeff.

4- Soil moisture diffeciency

Sol.:

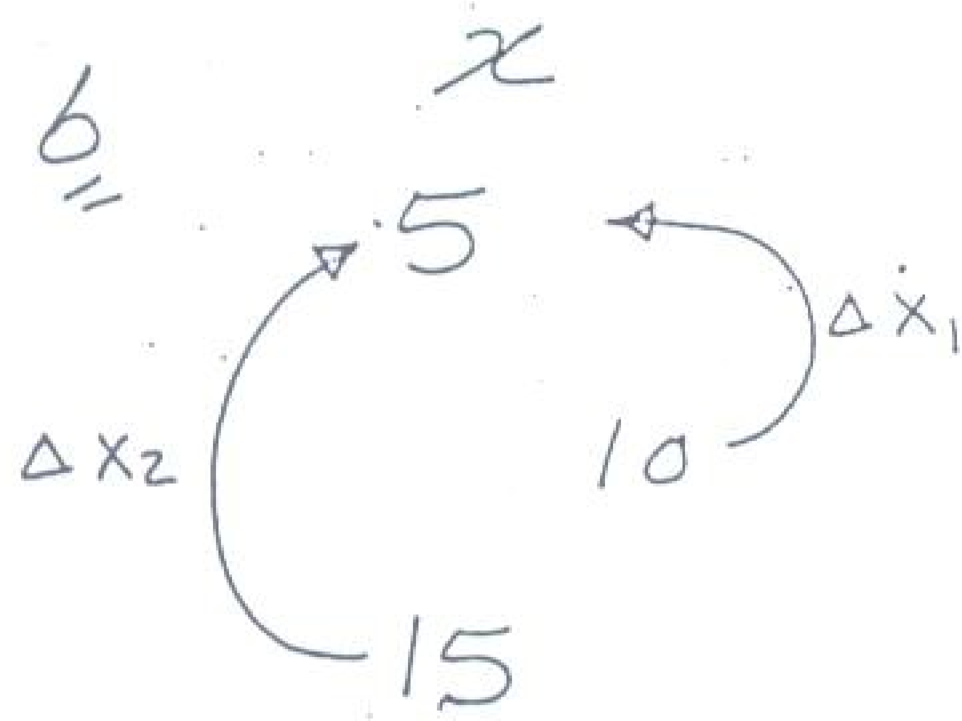
$\because D = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \times d \times M.L \times [F - W]$

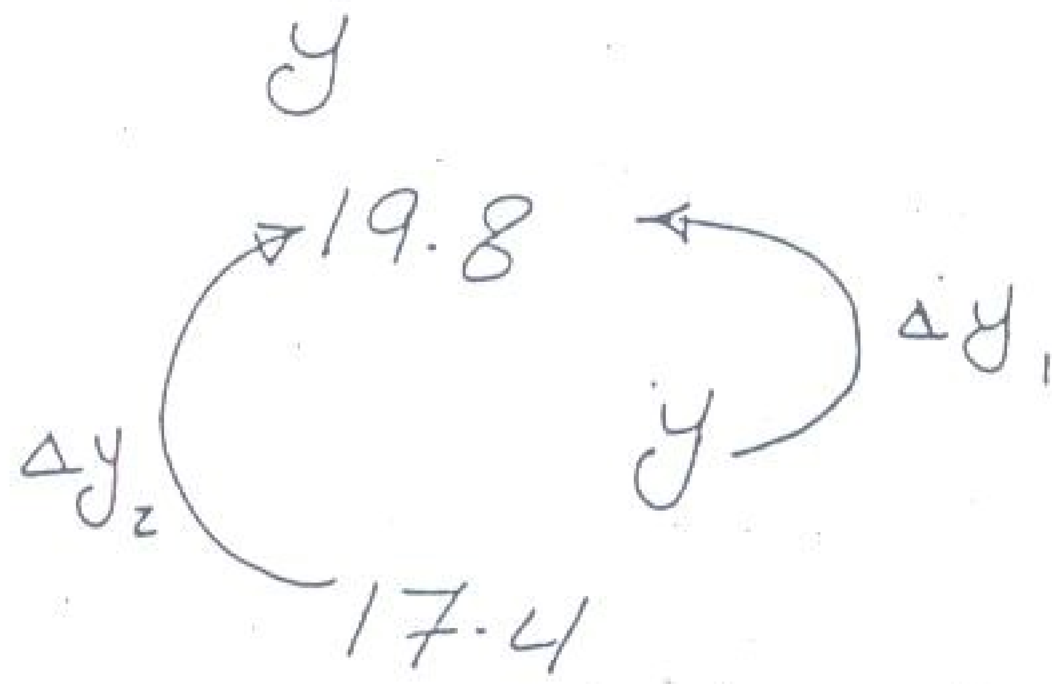



∴ S.M.T at wilting

$= \frac{760}{76} = 10\ atm.$

قيمة الضغط الجوى




$$\therefore \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{\Delta y_1}{\Delta y_2}$$

$$\frac{10-5}{15-5} = \frac{y-19.8}{17.4-19.8}$$

$$\therefore y = P_w\% = W = 18.6\ \%$$

ملحوظة

* قوة الشد الحرجى للتربة الطينية عند السعة الحقلية ≃ 0.33 ضغط جوى

* قوة الشد الحرجى للتربة الرملية عند السعة الحقلية ≃ 0.5 ضغط جوى .

at Field capacity S.M.T = 0.33

from table $P_w = 28.6\ \%$

$$\therefore 6.1 = \frac{1.25}{1.0} \times d \times 0.8 \times [0.286 - 0.186]$$

$$\therefore d = 61.0 \text{ cm} \quad \#$$

$$- n = \left(1 - \frac{A_s}{R_s}\right) \times 100$$

$$= \left(1 - \frac{1.25}{2.5}\right) \times 100 = 50\% \quad \# 2$$

---

- wilting coeff = ultimate wilting
  = Permenant wilting.

from table wilting coeff = 17.4%

" " sat. " = 42.3%

---

- soil moisture diffeciency = 28.6 − 18.6
  = 10% #

---

Q(2).:

a* $P_V$ , $A_s$

$$P_V = P_w \times A_s \quad \#$$

b*

$$F = \frac{D}{Cu} \quad \#$$

c* $$Q = \frac{W.D \times A}{24 \times 60 \times 60} \quad \#$$

Soil moture stress = S.M.T + O. pressure

Q(3): Prove:

a- $n = 1 - \frac{A_s}{R_s}$

$A_s = \frac{W_s}{V_t \times \gamma_w}$ , $R_s = \frac{W_s}{V_s \times \gamma_w}$

$\frac{A_s}{R_s} = \frac{W_s}{V_t \times \gamma_w} \times \frac{V_s \times \gamma_w}{W_s} = \frac{V_s}{V_t}$

$n = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_t - V_s}{V_t}$

$n = 1 - \frac{V_s}{V_t}$

$\therefore n = 1 - \frac{A_s}{R_s}$ #

b- $e = \left(\frac{R_s}{A_s} - 1\right)$

$\frac{R_s}{A_s} = \frac{V_t}{V_s}$

$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_t - V_s}{V_s} = \frac{V_t}{V_s} - 1$

$$\therefore e = \left(\frac{R_s}{A_s} - 1\right) \quad \#$$

---

C- $P_V = P_W \times A_s$

$$P_V = \frac{V_W}{V_t} \longrightarrow (1)$$

$$P_W \times A_s = \frac{W_W}{W_s} \times \frac{W_s}{V_t \times \gamma_W}$$

$$= \frac{W_W}{V_t \times \gamma_W}$$

$$\gamma_W = \frac{W_W}{V_W}$$

$$P_W \times A_s = \frac{W_W \times V_W}{V_t \times W_W} = \frac{V_W}{V_t} \longrightarrow (2)$$

$$\therefore P_V = P_W \times A_s \quad \#$$

---

Q(4):

(a) الغرض الرئيسي لمعادلة كركهام انه لا توجد خطوط تيار تحت مستوى الصرف المكشوف ... العرف.

---

(b) Donnan اثبات

Hooghout وشرط معادلة

c-

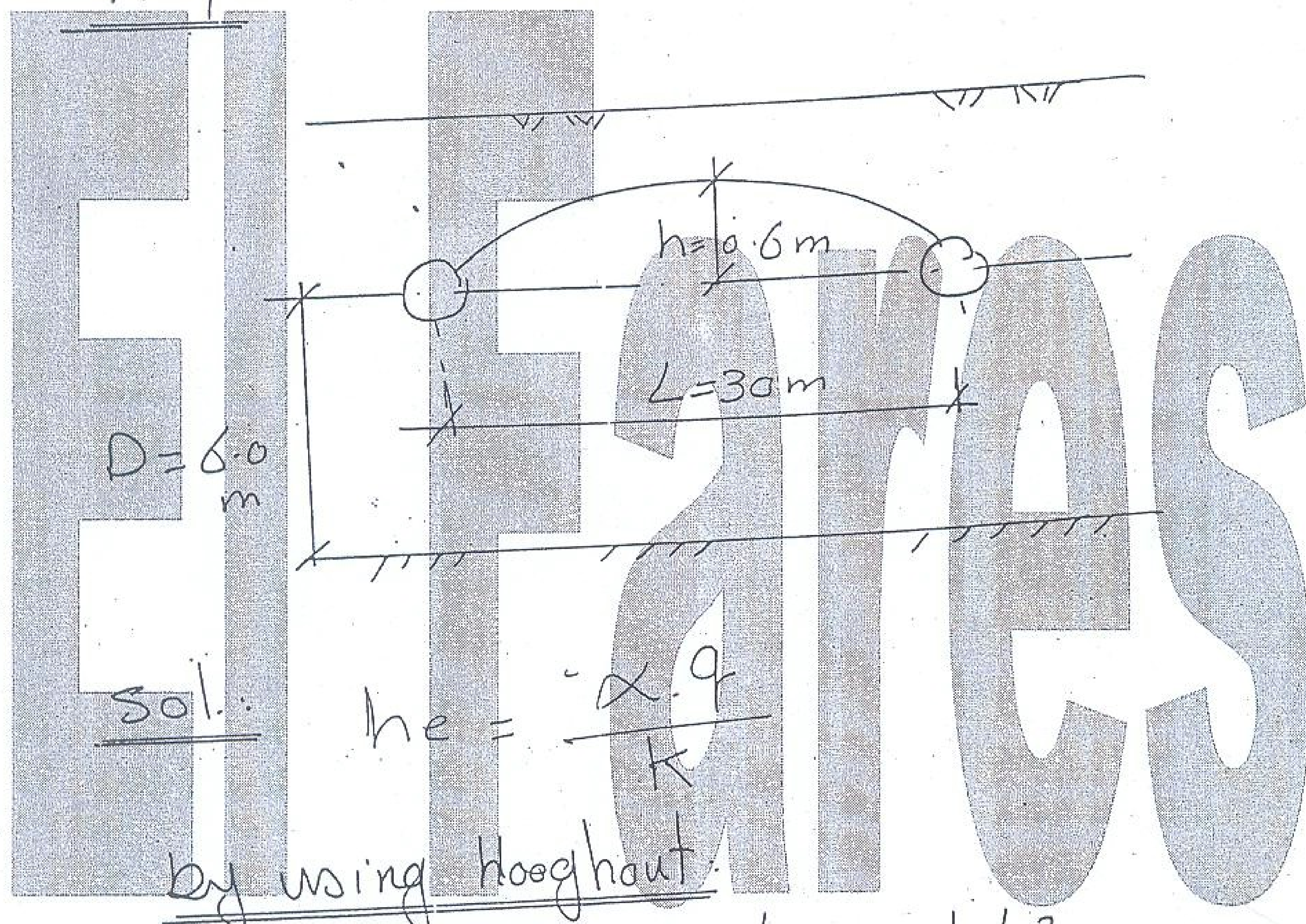
$L = 30 \text{ m}$

$k = 10 \text{ cm/day} = 0.1 \text{ m/day}$

$D = 6.0 \text{ m}$ , $h = 0.6 \text{ m}$

$d = 80 \text{ mm}$ , Resistance factor $= 0.1$

Req.: $he = ??$




Sol.: $he = \frac{\alpha \cdot q}{k}$

by using Hooghout

$$L^2 = \frac{8 \cdot k \cdot de \cdot h + 4 k h^2}{q}$$

$D = 6.0$ , $L = 30$

$$D/L = \frac{6}{30} = 0.2 < 0.3$$

$$de = \frac{D}{1+\frac{D}{L}\left(2.55 \ln \frac{D}{r_o} - 3.4\right)}$$

$$= \frac{6.0}{1+\frac{6}{30}\left(2.55 \ln \frac{6}{0.04} - 3.4\right)}$$

$$= 2.087$$

$$\therefore (30)^2 = \frac{8 \times 0.1 \times 2.087 \times 0.6 + 4 \times 0.1 \times (0.6)^2}{q}$$

$$\therefore q = 1.27 \times 10^{-3} \ m/day$$

$$\therefore he = \frac{0.1 \times 1.27 \times 10^{-3}}{0.1}$$

$$= 1.27 \times 10^{-3} \ m \ \#$$

بسم الله الرحمن الرحيم

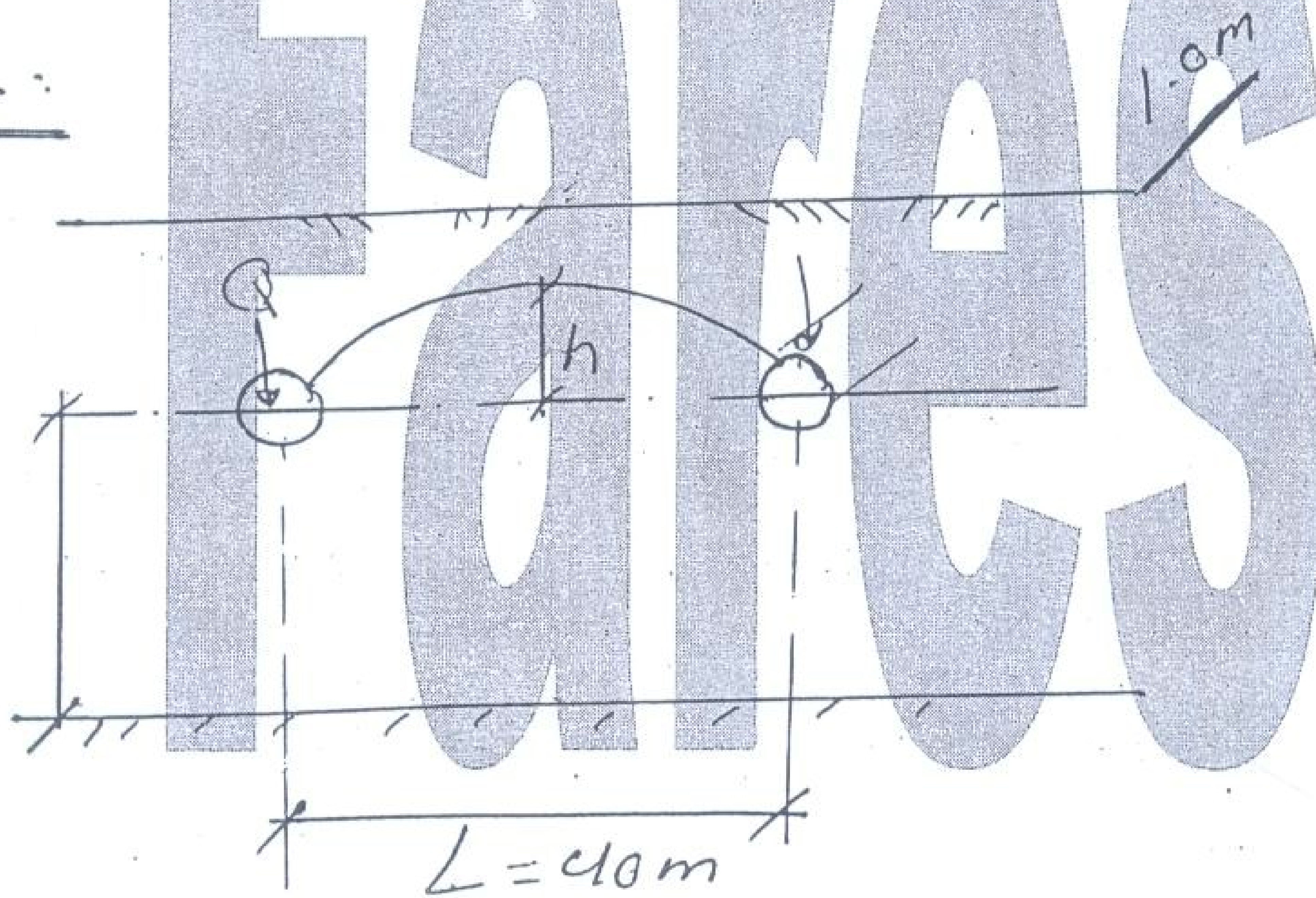
# Mid term 2006 حرف

$L = 40m$ , $d = 20cm$

| h (m) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.62 | 0.48 | 0.4 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lit/s $Q \times 10^{-3}$ | 1.34 | 1.16 | 1.02 | 0.88 | 0.65 | 0.56 | 0.32 |

Req. :
- K = ??
- D = ??

Sol. :




from Hooghout eqn

$$L^2 = \frac{8kdeh + 4kh^2}{q}$$

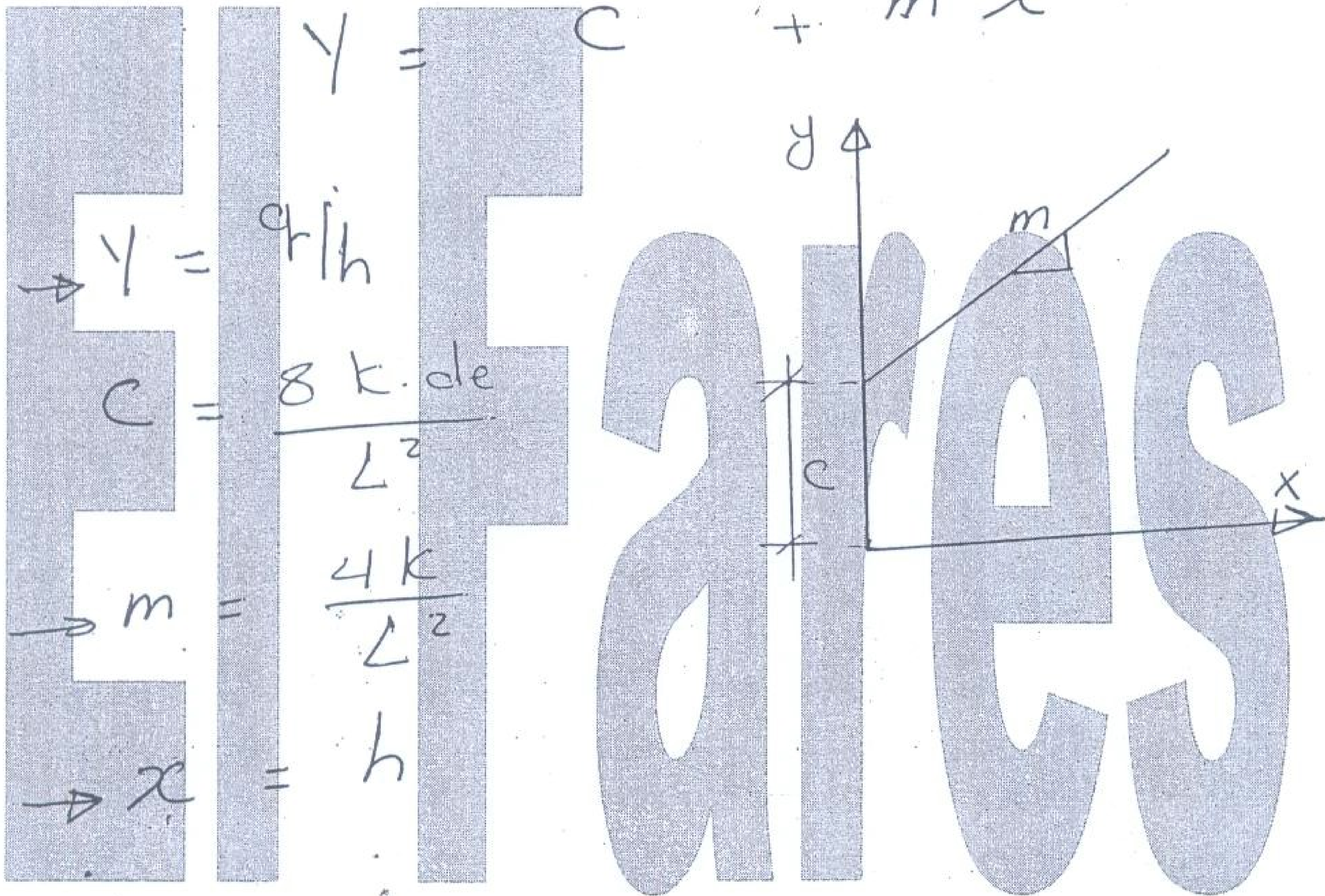
2

$$\because q = \frac{8 k d_e h}{L^2} + \frac{4 k h^2}{L^2}$$

بتقسيم طرفي المعادلة على h

$$q/h = \frac{8 \cdot k \cdot d_e}{L^2} + \frac{4 k}{L^2} h$$

$$Y = C + m x$$






$\rightarrow Y = q/h$

$$C = \frac{8 k \cdot d_e}{L^2}$$

$\rightarrow m = \frac{4 k}{L^2}$

$\rightarrow x = h$

3

$Q = q \times A$ مساحة $\Rightarrow q = \frac{Q}{A}$

(x)

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h (m) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.62 | 0.48 | 0.4 | 0.25 |
| lit/s | $Q \times 10^{-3}$ | 1.34 | 1.16 | 1.02 | 0.88 | 0.65 | 0.56 | 0.32 |
| $m^3/day$ | $Q \times 10^{-3}$ | 115.7 | 100.2 | 88.1 | 76.0 | 56.2 | 48.4 | 27.6 |
| $\frac{(\ )}{40 \times 1}$ (مساحة) | $q \times 10^{-3}$ | 2.90 | 2.50 | 2.2 | 1.9 | 1.4 | 1.2 | 0.7 |
| (y) | $q/h \times 10^{-3}$ | 3.2 | 3.1 | 3.1 | 3.0 | 2.9 | 3.0 | 2.8 |

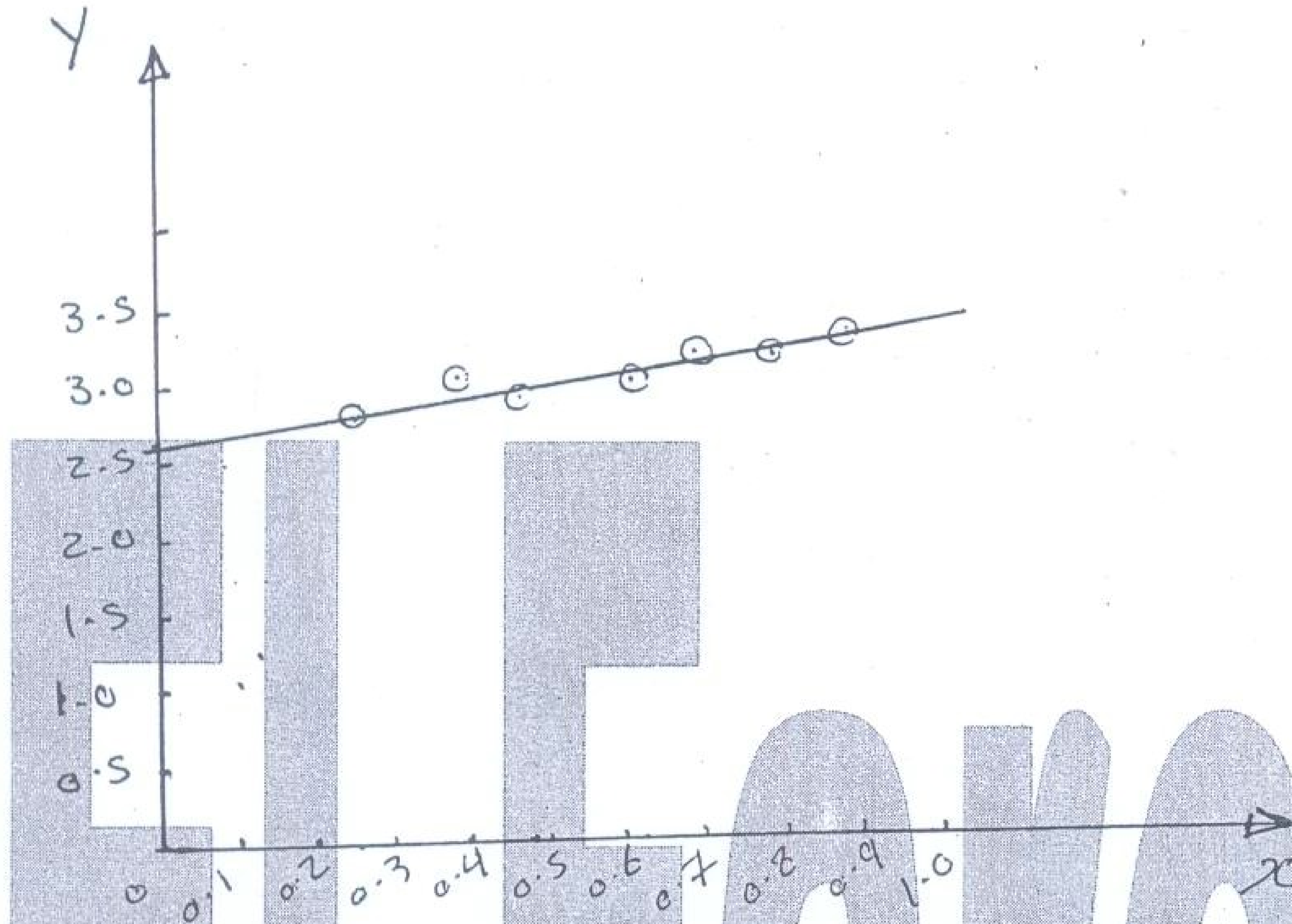
$$\frac{lit\ (\ )}{sec.} \left| \frac{\frac{1}{1000} m^3}{(1)\ lit} \right| \frac{1\ sec.}{\frac{1}{24 \times 60 \times 60} day}$$

$$\frac{(Q) \times 24 \times 60 \times 60}{1000} \quad m^3/day \leftarrow$$ للتحويل من $\frac{lit}{s}$ إلى $\frac{m^3}{يوم}$

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{4k}{L^2}$$

$$\frac{(3.2 - 2.8) * 10^{-3}}{(0.9 - 0.25)} = \frac{4 * k}{(40)^2}$$

4= $K = 0.246$ m/day #




$$C = 2.7 \times 10^{-3}$$

$$\therefore C = \frac{8 \times K \times de}{L^2}$$

$$2.7 \times 10^{-3} = \frac{8 \times 0.246 \times de}{(40)^2}$$

$$\therefore de = 2.19$$

5

XX $\frac{D}{L} > 0.3$ $\quad d_e = \frac{L}{2.55(\ln\frac{L}{r_o} - 1.15)}$

$\frac{D}{L} < 0.3$ $\quad d_e = \frac{D}{1 + D/L\,(2.55 \ln\frac{D}{r_o} - 3.41)}$

$$2.19 = \frac{D}{1 + \frac{D}{40}(2.55 \ln\frac{D}{0.1} - 3.41)}$$

| D | R.H.S |
|---|---|
| 1 | 0.94 |
| 3 | 2.15 |
| 3.1 | 2.19 |

D = 3.10 m #

مسألة محاضرة الري

* For the following data Calculate

$E_c$ , $E_a$ , $E_s$ , $E_d$

Given :

- discharge for system = 135 lit/sec.
- 100 lit/sec. delivered to farm
- area of field = 16 hectar
- irrigation time = 8 hr
- depth of root zone = 1.8 m
- run losses in field = 432 $m^3$
- depth of water varied from 1.8 to 1.2 m
- available moisture capacity of soil 20 cm for every 1 m of soil depth
- irrigation start when moisture level reach 40% of available water

Sol.:

$$\because E_c = \frac{W_f}{W_r} \times 100$$

$W_f = 100 \quad , \quad W_r = 135$

$$E_c = \frac{100}{135} \times 100 = 74.1\% \ \#$$

---

$$\because E_a = \frac{W_s}{W_f}$$

كمية المياه الواصلة للمسام الكلية من التربة

التصرف — الزمن

$$W_f = \frac{100}{1000} \times (8 \times 60 \times 60)$$

للتحويل من لتر الى متر³

$$W_f = 2880 \ m^3$$

$$W_s = W_f - \text{Losses}$$

$$= 2880 - 432 = 2448 \ m^3$$

$$\therefore E_a = \frac{2448}{2880} \times 100$$

$$= 85\% \ \#$$

---

$\because \quad E_s = \dfrac{W_s}{W_n}$

$W_n$ = available water (1 − moisture content)

عمق ماء الري     عمق التربة

availabe water = 20 cm × 1.8 = 36 cm

$W_n = 36 \times (1 - 0.4) = 21.6\ cm$

(Note)    1 hectar = 10000 $m^2$

كمية الماء التي تحتاجها التربة $W_n$ = عمق الماء المتاح × مساحة الارض

$= 16 \times 10000 \times 0.216$

$= 3456\ m^3$

$E_s = \dfrac{2448}{3456} \times 100$

$= 70.8\ \%$ #

$$E_d = \left(1 - \frac{y}{d}\right) \times 100$$

$$\because d = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{1.8 + 1.2}{2} = 1.5\,m$$

$$y = \frac{|d - d_1| + |d - d_2|}{2}$$

$$= \frac{|1.5 - 1.8| + |1.5 - 1.2|}{2}$$

$$y = 0.30\,m$$

$$E_d = \left(1 - \frac{0.3}{1.5}\right) \times 100$$

$$= 80\,\% \quad \#$$

25

# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

# مراجعة

# الري

# Irrigation

الري

Final (2000)

Question (1): (10% of Irrigation Mark)

Using Blaney and Criddle equation, it is required to calculate the maximum period between two successive watering for a certain crop during a certain period according to the following data:

- Effective root zone depth = 50 cm.
- Average air temperature = 25° C.
- % of day light hours during the month with respect to the Year = 8.38%
- The average value of crop coefficient = 0.70
- Apparent specific gravity for cultivated soil = 1.4
- F.C. and W.P (on weight basis) =21%, and 12% respectively.
- Optimum moisture level = 80%

- $d = 50$ Cm
- $T = 25°c$
- $P = 8.38\%$ , $K = 0.7$
- As , $\gamma_s = 1.4$
- $F.C = 21\%$ , $W = 12\%$
- $M.L = 80\%$

$$U = 4.57\,(k.P)\,(t+17.8)/100$$

$$u = 4.57 * 0.7 * 8.38\,(25+17.8)/100$$

$$= 11.5 \text{ Cm/month}$$

$$u = 11.5/30 = 0.38 \text{ Cm/day}$$

$$D = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} * d * ML * [F.C - W]$$

$$D = \frac{1.4}{1} * 50 * 0.8 [0.21 - 0.12]$$

$$D = 5.04 \text{ Cm.}$$

$$F = \frac{5.04}{0.38} = 13.3 \simeq 13 \text{ day}$$

---

Final.(2000)

**Question (3):** (55% of Irrigation Mark)

A conveyance system for an irrigation project is as shown in Figure (1). The main canal distributes its water for three branches A, B, and C of equal area served of 6000 feddan each. The crop pattern of the whole area is: 40% cotton, 50% sharaki prepared for cultivating maize, and 10% public benefits and the working period is 6 days. Irrigation is allowed only by lift through branch canals. It is required to:

1. Sketch a diagram for the three turns of water application within 36 days.
2. Calculate the field, branch and main canal water duties.
3. Calculate the discharge of branch canal (B) at section (IV).
4. Calculate the area served at section (I), (II), and (III) of the main canal allowing 50% as a compensation factor for previous turn.
5. Calculate the discharge of the main canal at section (I).
6. Draw to a reasonable scale clear sketches showing the different steps of constructing the synoptic diagram of the main canal and its branches.
7. Design the cross section of the main canal (Sec. I), to determine the water depth and bed width for non-silting non-scouring conditions [Z = 1, n = 0.025, and S = 8 cm/km].
8. Draw to a reasonable scale a typical cross section of the main canal (Sec I) showing all levels and dimensions [Bank width = 10 m, land level = 20.00, berm level = 21.00, and the free board = 1.25 m].

B.C A , B.C B , B.C C    $A_s = 6000$ F

40% Cotton    No of working day = 6

50% sharaki    Lift irrigation

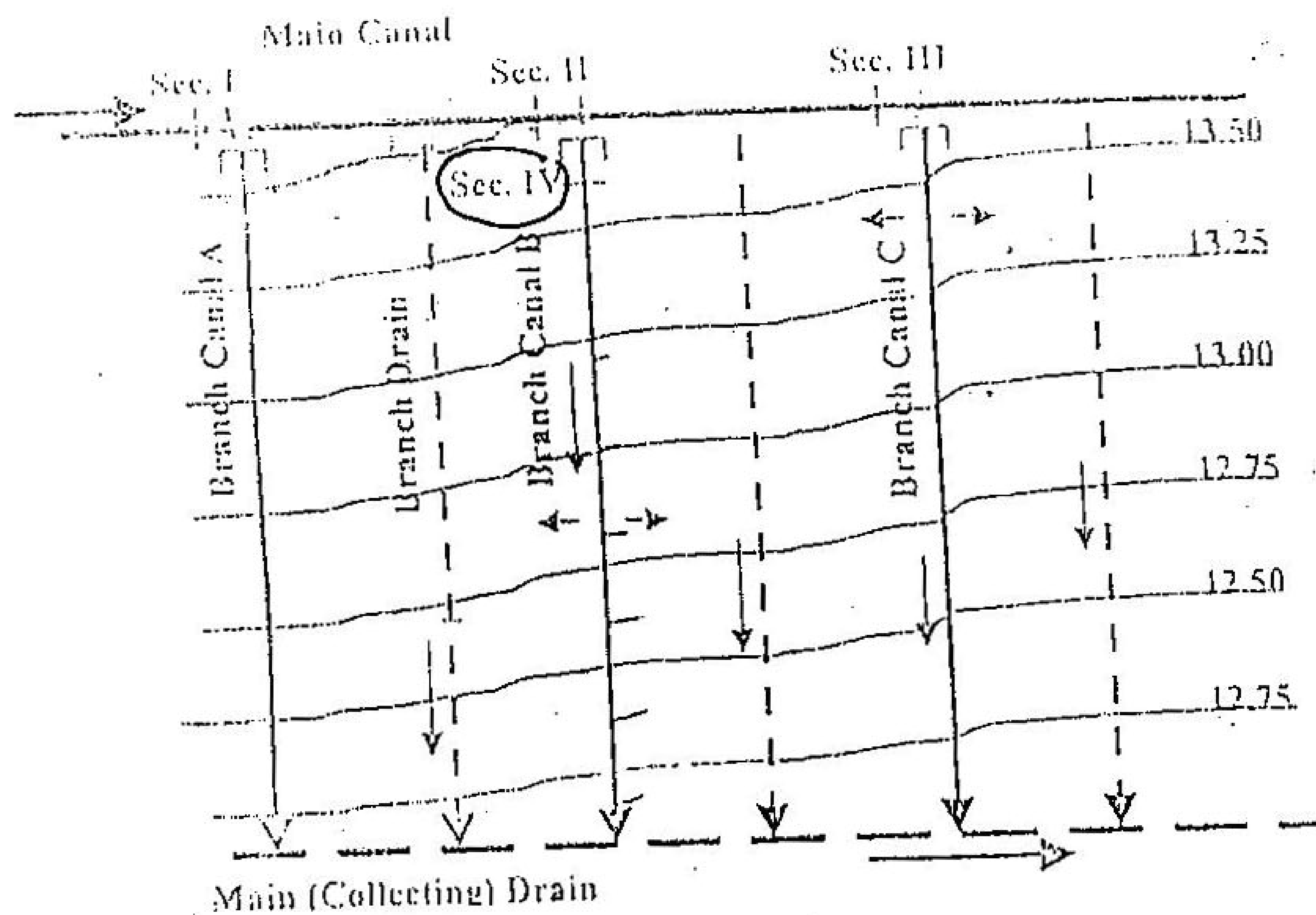
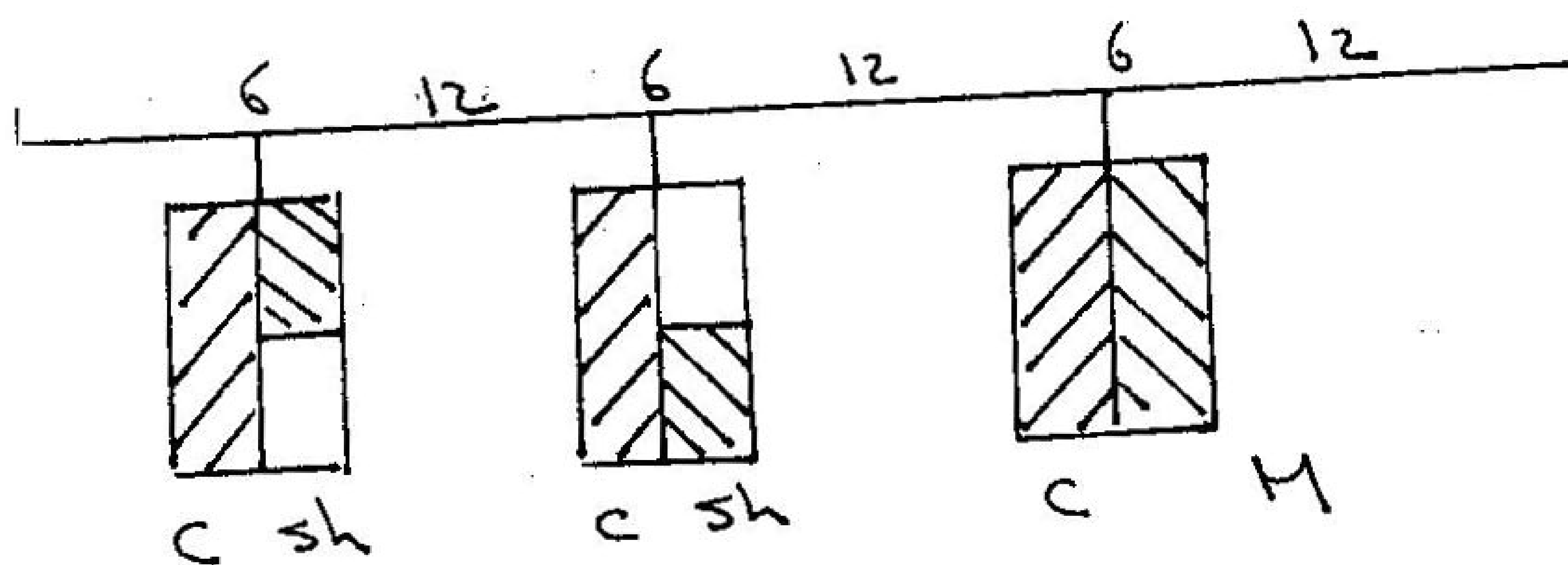



Figure (1)

| Cotton | Sharaki |
|---|---|
| 40% | 50% |
| 350 | 760 m³/Fld |
| 14–18 | 28-36 |




(3-turn rotation)

During sharaki

$$F.W.D = \frac{0.4*350}{1*6} + \frac{0.5*760}{2*6} = 55\ m^3/F/d$$

After sharaki

$$F.W.D = \frac{0.4*350}{1*6} + \frac{0.5*350}{1*6} = 52.5\ m^3/F/d$$

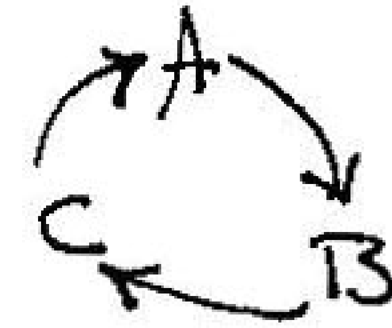
$$(B.C)_{W.D} = 1.1 * F.W.D$$
$$= 1.1*55 = 60.5\ m^3/F/d$$

$$(M.C)_{W.D} = \frac{1.2 * F.W.D}{3} = \frac{1.2*55}{3} = 22\ m^3/F/d$$

For Branch Canal B

$$Q_{IV} = \frac{A_S * WD}{24*60*60} = \frac{6000*60.5}{24*60*60} = 4.2\ m^3/s$$

| Sec | As | | | As + Compensation | | | Design الأكبر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Turn A | B | C | A+0.5C | B+0.5A | C+0.5B | As |
| I | 6000 | 6000 | 6000 | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 |
| II | — | 6000 | 6000 | 3000 | 6000 | 9000 | 9000 |
| III | — | — | 6000 | 3000 | — | 6000 | 6000 |




(3turn)
نوع المناوبة

$$Q_I = \frac{9000 * 22 * 3}{24 * 60 * 60} = 6.87 \ m^3/sec.$$

14
13
12
11

| KM | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | | | | | | | | | | | |
| W.L | | | | | | | | | | | |

M.C

14
13
12
11

| KM | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 13.70 | | | | | | | | |
| W.L | | | | | | | | | |

B.C "B"

∴ ميل سطح الماء 10 cm/km

$\Delta y / \Delta x = 13 cm/km$

14
(340)
13
10 cm/km
12
11

| KM | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 13.80 | | | | | | | | 12.70 |
| W.L | 13.70 | | | | | | 12.60 | 12.50 | 12.40 |

0.3

to.1 to.1

B.C "A"

13
12
11

| KM | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L.L | 13.60 | | | | | | | | |
| W.L | | | | | | | | | |

B.C "C"

ميل سطح الماء في القنوات الفرعية 8-10 cm/km





Sec(I)

$Q = 6.87\ m^3/s$

$Z = 1 \qquad n = 0.025$

$S = 8\ cm/km$

Manning

$$Q = 1/n \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

$$A = y(B+Zy) = y(B+1*y) = y(B+y)$$

$$P = B + 2y\sqrt{1+Z^2} = B + 2.82y$$

$$6.87 = \frac{1}{0.025} \frac{[y(B+y)]^{5/3}}{[B+2.82y]^{2/3}} * (8*10^{-5})^{0.5}$$

$$19.2 = \frac{[y(B+y)]^{5/3}}{[B+2.82y]^{2/3}} . \rightarrow (1)$$

Buckly

assume $y > 1.62\ m$

$$y = 0.1\sqrt{B}\,(S/2+4)$$

$$y = 0.1\sqrt{B}\,(8/2+4)$$

$$y = 0.8\sqrt{B}$$

$$y^2 = 0.64\,B$$

$$B = 1.56\,y^2 \longrightarrow (2)$$

From (2) in (1)

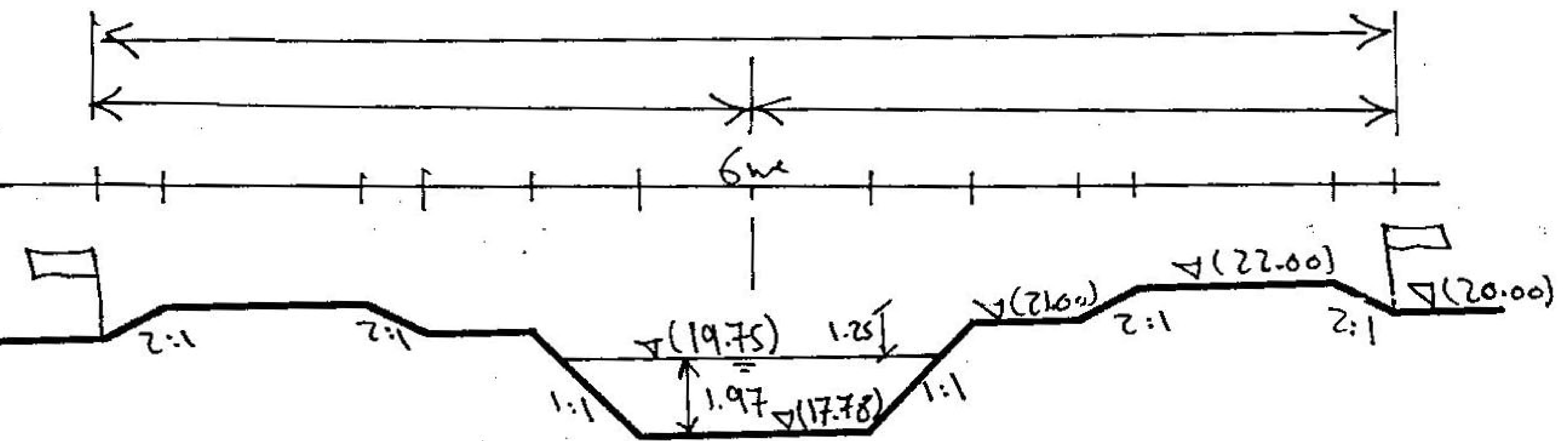
$$19.2 = \frac{\left[y\,(1.56y^2 + y)\right]^{5/3}}{\left[1.56y^2 + 2.82y\right]^{2/3}}$$

By trials

| y | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
|---|---|---|---|
| R.H.S | 11.48 | 17.06 | 20.49 |

$$Y \simeq 1.97\ m$$

$$B = 6.05 \simeq 6\ m$$




Sec (I)

ثم / رسم لقطاع متماثل / ثم 18200

Final (1999)

(2) A main canal serves the area shown below. A two turn rotation system is used (7 days working period) to irrigate 40% of the area served with cotton crop and 55% of the area served is sharaki. Allow 20% as wash factor and 10% as conveyance losses. It is required to:

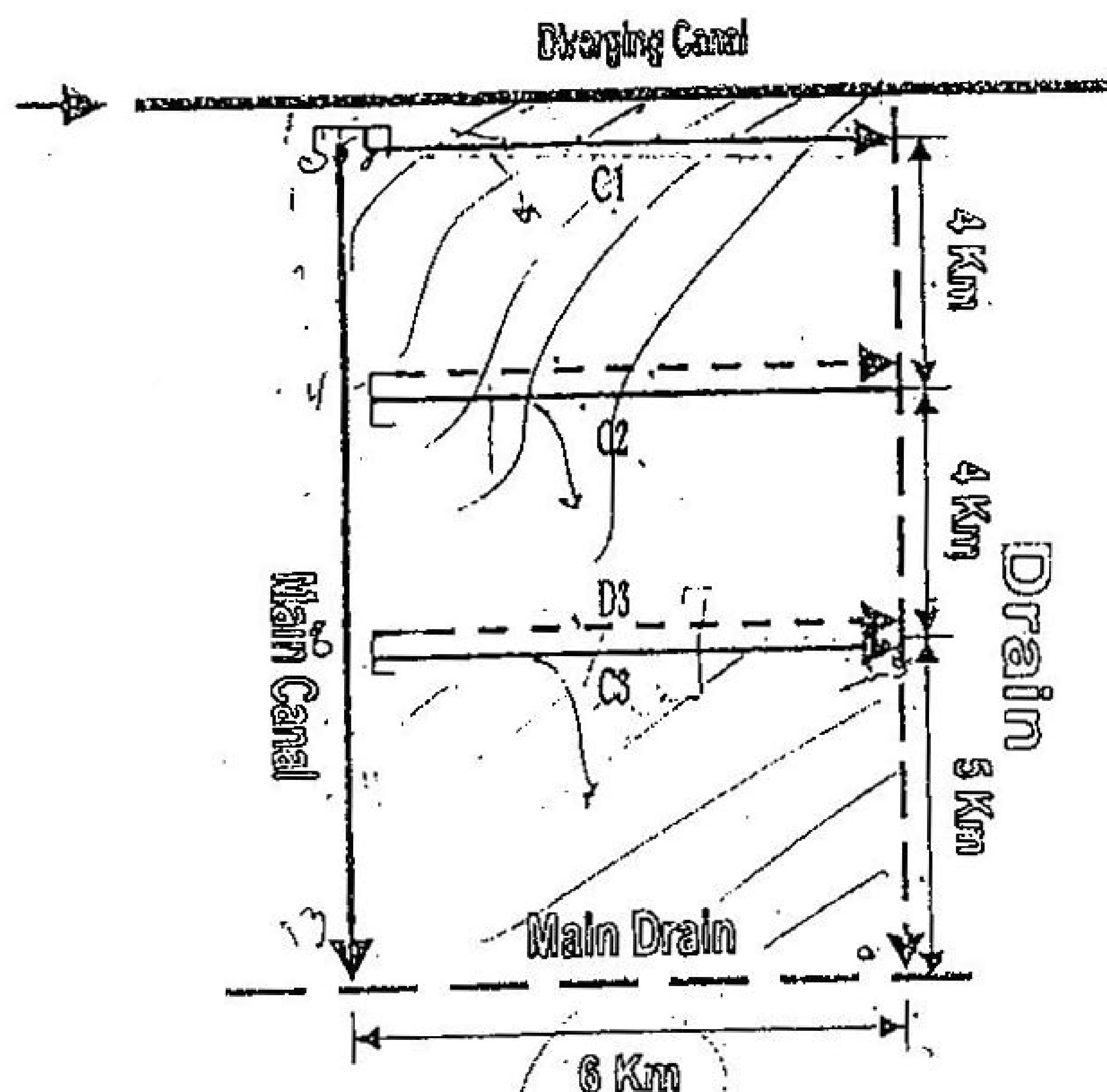
A. Calculate the field, distributary and main canal water duties.

B. Draw neat sketch for the synoptic diagram of canals.

Design the cross section of canal C3 and drain D3 to determine the water depth and bed slope. Mean velocity in the canal v = 0.50 m/sec. while in the drain is v = 0.4 m/sec, bed width b = 3.0 m in the canal and b = 2.0 m in the drain, side slope 1: 1 in the canal and 3:2 in the drain, and Manning n = 0.025 for both canal and drain.

C. Draw the typical combined cross section at the middle of both the canal C3 and the drain D3 showing all details and dimensions. Take all bank widths 8 m., external land slope 2:1 and land level (10.00). Check seepage.

D. Draw typical longitudinal section of canal C3.



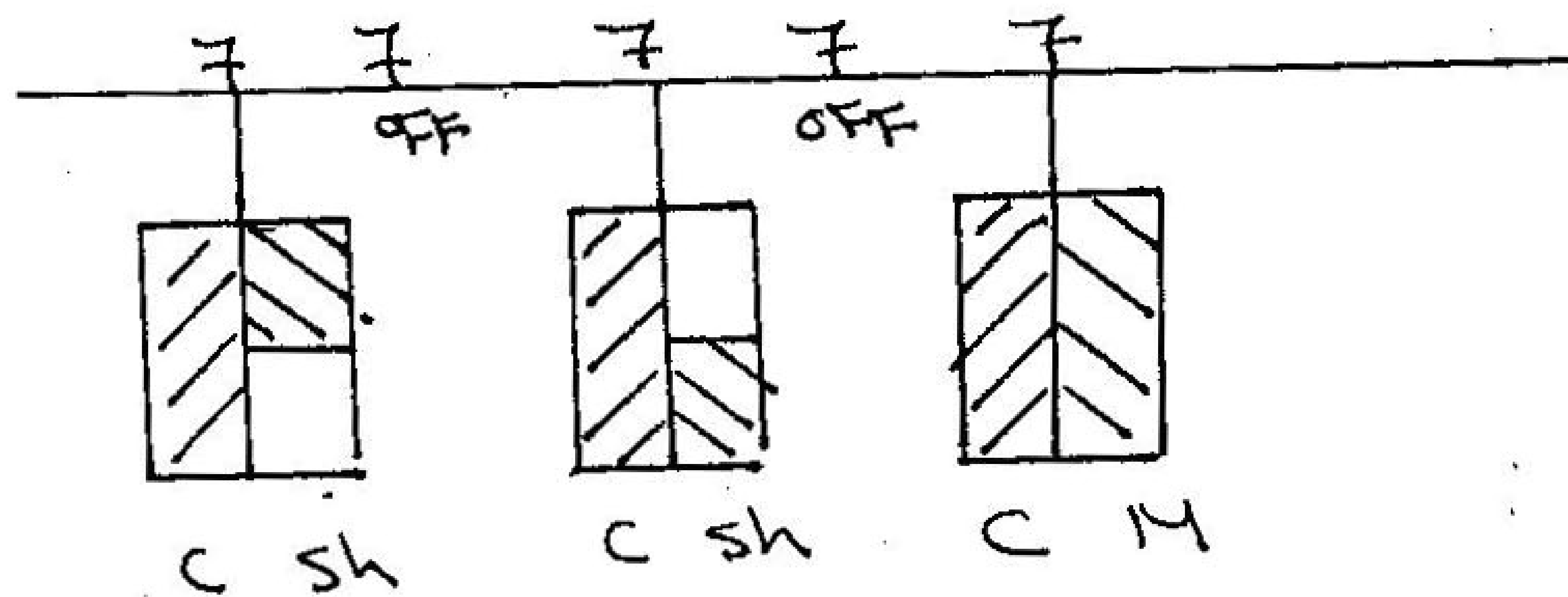
(2-turn rotation)

Working days = 7

Wash Factor 20%

10% Conveyance losses

| Cotton | Sharaki |
|---|---|
| 40% | 55% |
| 350 | 760 |
| 14-18 | 28-36 |




During sharaki

20% wash Factor

$$F.W.D = \left(\frac{0.4*350}{1*7} + \frac{0.55*760}{2*7}\right)*1.2$$

$$= 59.8 \ m^3/F/d$$

After sharaki

$$F.W.D = \left(\frac{0.4*350}{1*7} + \frac{0.55*350}{1*7}\right)*1.2$$

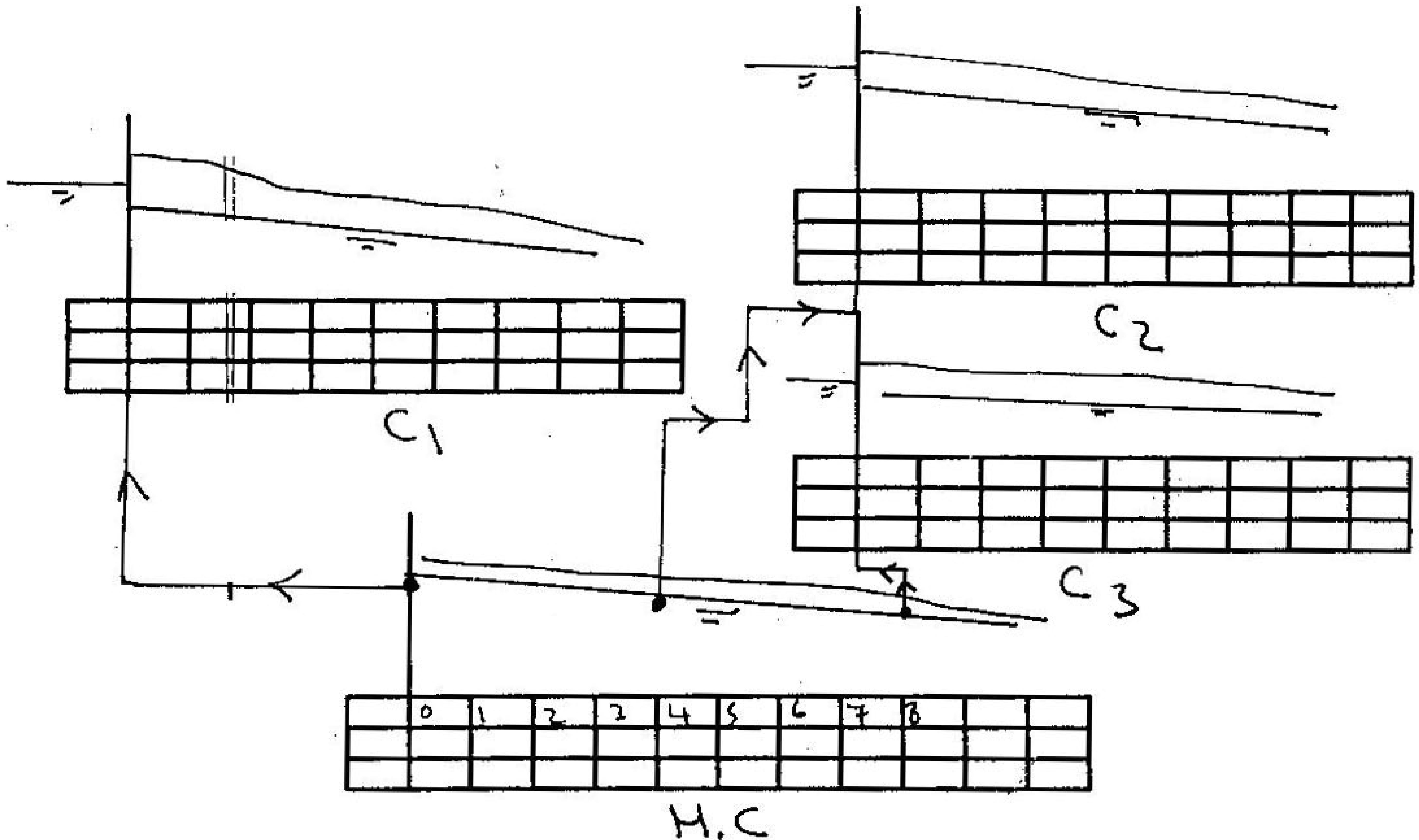
$$= 57 \ m^3/F/d$$

$$(B.C)_{W.D} = 1.1 * F.W.D$$
$$= 1.1 * 59.8 = 65.8 \ m^3/F/d$$

$$(M.C)_{W.D} = \frac{1.1 * (B.C)_{W.D}}{(2) \ \text{نوع الفادني}}$$

$$= \frac{1.1 * 65.8}{2} = 35.9 \ m^3/F/d$$

---




Synoptic diagram for canals (sketch) only

For Canal $C_3$

$V = 0.5$ m/sec

$b = 3$ m

$Z = 1$ , $n = 0.025$

Req: $y$ , $S$

Manning

$$V = \frac{1}{n} \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

$A = y(b + Zy) = y(3 + y)$

$P = b + 2y\sqrt{1+Z^2} = 3 + 2.82y$

$$0.5 = \frac{1}{0.025} \frac{[y(3+y)]^{2/3}}{[3 + 2.82y]^{2/3}} S^{1/2} \rightarrow (1)$$

مرسم →

$$A_S = \frac{5000 * 6000}{4200} = 7142.8 \text{ F}$$

$$Q = \frac{A_S * W.D}{24 * 60 * 60}$$

$$Q = \frac{7142.8 * 65.8}{24 * 60 * 60} = 5.44\ m^3/s$$

$$Q = A.V$$

$$5.44 = A * 0.5 \implies A = 10.88\ m^2$$

$$A = y(3+y)$$

$$10.88 = 3y + y^2$$

$$y^2 + 3y - 10.88 = 0$$

$$y = \frac{-3 \pm \sqrt{3^2 + 4*1*10.88}}{2*1}$$

$$\boxed{y = 2.12\ m} \rightarrow (2)$$

From (2) in (1)

$$0.5 = \frac{1}{0.025} \frac{[2.12(3+2.12)]^{2/3}}{[3+2.82*2.12]^{2/3}} S^{1/2}$$

$$\boxed{S = 1.21*10^{-4}}$$

For Drain $D_3$

$V = 0.4\ m/s$
$b = 2\ m$
$Z = 1.5$ $n = 0.025$

$$A_s = \frac{4000 * 6000}{4200} = 5714.3\ F$$

D.W.D = F.W.D * drainage factor

$$= 59.8 * 0.4 = 23.9\ m^3/F/d$$

(0.4 ← assume)

$$Q = \frac{A_s * WD}{24*60*60} = \frac{5714.3 * 23.9}{24*60*60} = 1.58\ m^3/s$$

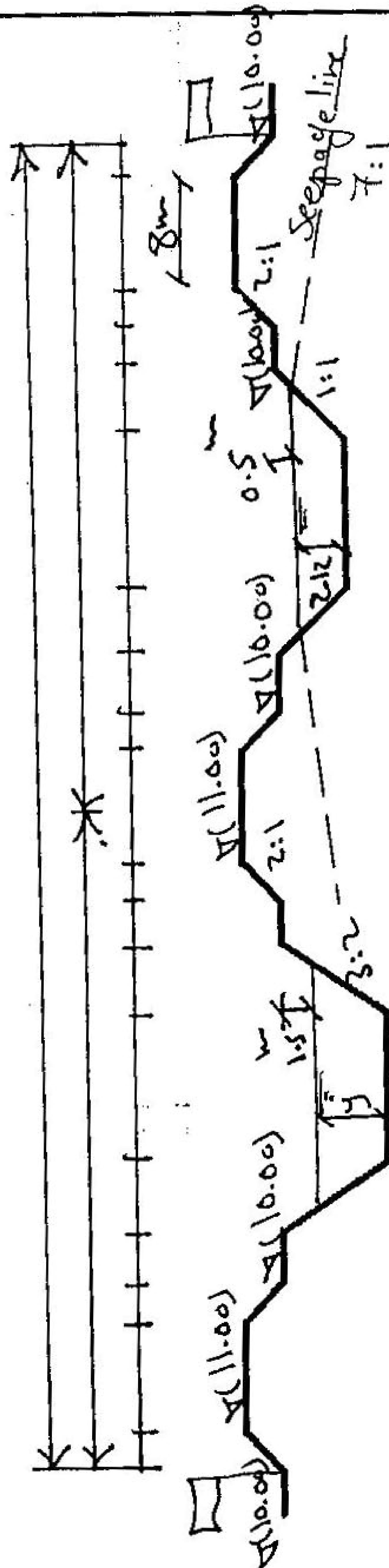
$$Q = A.V$$

$$1.58 = A * 0.4 \Rightarrow A = 3.95\ m^2$$

$$3.95 = y\,(b + Zy)$$
$$= y\,(2 + 1.5y)$$

↓ get y

Manning → get S




Combined Cross Section of $C_3$ & $D_3$

Final (2002)

**Question (1):** (10% of Irrigation Mark)

A. Write the relationship between each of the following two pairs: 1- Volume of moisture content and appearent specific gravity, 2- Soil moisture stress and osmotic pressure, 3- Frequency of Irrigation and depth of water stored in the root zone, 4- Discharge passing through canal cross section and area served by the canal downstream the section, and 5- Practical and theoretical water duty.

B. Discuss briefly the overall irrigation process indicating when and why irrigate?. What are the direct and indirect benefits of irrigation?.

1) $P_V = P_w * A_s$

2) Soil Moisture Stress = Soil Moisture Tension + Osmotic pressure

3) $F = \frac{D}{C_u}$

4) $Q = \frac{A_s * W.D}{24 * 60 * 60}$ $m^3/sec$.

5) practical W.D = theoretical W.D + Losses.

---

## The overall irrigation process

1- توصيل مياه الرى من مصادرها خلال شبكة الرى حتى الاراضى الزراعية.

2- رى الاراضى الزراعية.

3- صرف الماء الزائد عن حاجة الارض الزراعية باستخدام المصارف المكشوفة والمغطاه.

4- ادارة خزان الماء الجوفى وذلك للمحافظة عليه من النضوب وزيادة نسبة الاملاح به.

متى يتم الري : تتم عملية الري عندما يقل المحتوى المائي داخل التربة ويصل لنقطة الذبول .

Final (2002)

**Question (2):** (10% of Irrigation Mark)

A)- In an Irrigation project, if 30% of the water delivered to the farm is lost as surface runoff and deep percolation and 20% of the water stored in the root zone is lost by evaporation. Calculate the irrigation application efficiency.

B)- Using Blaney and Criddle equation, it is required to calculate the maximum period between two successive watering for a certain crop during a certain period according to the following data:

- Effective root zone depth = 50 cm.
- Average air temperature = 25° C.
- % of day light hours during the month with respect to the Year = 8.38%.
- The average value of crop coefficient = 0.70
- Apparent specific gravity for cultivated soil = 1.4
- F.C. and W.P (on weight basis) =21%, and 12% respectively.
- Optimum moisture level = 80%

(A) 30% losses as Runoff and percolation

20% losses by evaporation (of water stored in root zone)

Req: E.a

$$Ea = \frac{Ws}{WF} * 100$$

نفرض أن كمية المياه التي تصل للأرض (1 م٣)

$$Runoff = 0.3 * 1 = 0.3$$

المتبقي داخل منطقة الجذور $= 1 - 0.3 = 0.7 \ m^3$

خواقد البخر من منطقة الجذور بنفسه

$W_s = 0.7 - 0.2 * 0.7 = 0.56\ m^3$ الماء المخزن في الجذور

$$E_a = \frac{0.56}{1} * 100 = 56\%$$

---

B)

$$D = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} * d * ML\ (F_c - W)$$

$$= \frac{1.4}{1} * 50 * 0.8\ (0.21 - 0.12)$$

$$D = 5.04\ Cm$$

$$U = 4.57\ K \cdot P \cdot (t + 17.8)/100\ Cm/month$$

$$= 4.57 * 0.7 * 8.38\ (25 + 17.8)/100$$

$$= 11.5\ Cm/month$$

$$U = \frac{11.5}{30} = 0.38\ Cm/day$$

$$F = \frac{5.04}{0.38} = 13\ day$$

Final (2003), (2006)

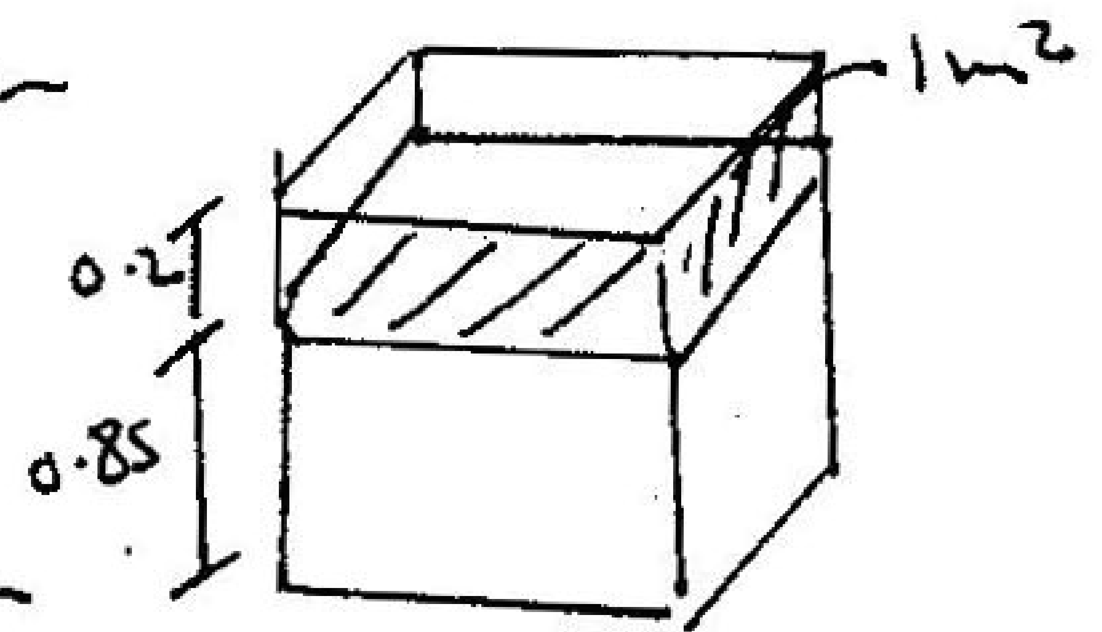
b- Calculate the number of days between two successive waterings (irrigation interval) for a certain crop according to the following data :

- average air temperature = 25°c.
- per cent of day light hours during the month with respect to the year = 8.4
- crop coefficient = 0.75
- effective root depth = 85 cm
- apparent specific gravity = 1.4
- field capacity ( as an equivalent water depth = 20 cm.
- wilting point ( weight basis ) = 12 %

نفرض مساحة أفقية = 1 m²

$V$ of soil = 0.85 * 1 m² = 0.85 m³

$W_{soil}$ = 0.85*1.4 = 1.19 ton




$V_{water}$ = 0.2*1 = 0.2 m³

$W_{water}$ = 0.2*1 = 0.2 ton

$$F.C\ (\text{weight basis}) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

$$= \frac{0.2}{1.19} * 100 = 16.81\%$$

$$u = 4.57 * 0.75 * 8.4 (25 + 17.8)/100$$

$$= 12.32\ \text{cm/month} = 0.41\ \text{cm/d}$$

assume → 0.8

$$D = 1.4 * 85 * 0.8\ (0.1681 - 0.12) = 4.58\ \text{cm}$$

$$F = \frac{D}{u} = \frac{4.58}{0.41} = 11.17 \simeq 11\ \text{day}$$

Final (2003)

Question (2): (15% of Irrigation Mark)

a- What is meant by " irrigation efficiency " ?. What are the main factors affecting it ?. State the different kinds of irrigation efficiencies.

b- In a 3 - turn rotation where 35 % of the area served is cultivated with cotton , which needs 420 cubic meters / acre / day , if application with 14 to 18 days frequency , and 65 % of the area served is cultivated with corn which needs 760 cubic meters / acre / day with 28 to 36 days frequency . Allowing a land wash factor of 20 %. If 30 % of the water delivered to the farm is lost as surface runoff and deep percolation , and 20 % of the water stored in the root zone is lost by evaporation, calculate the irrigation application efficiency .

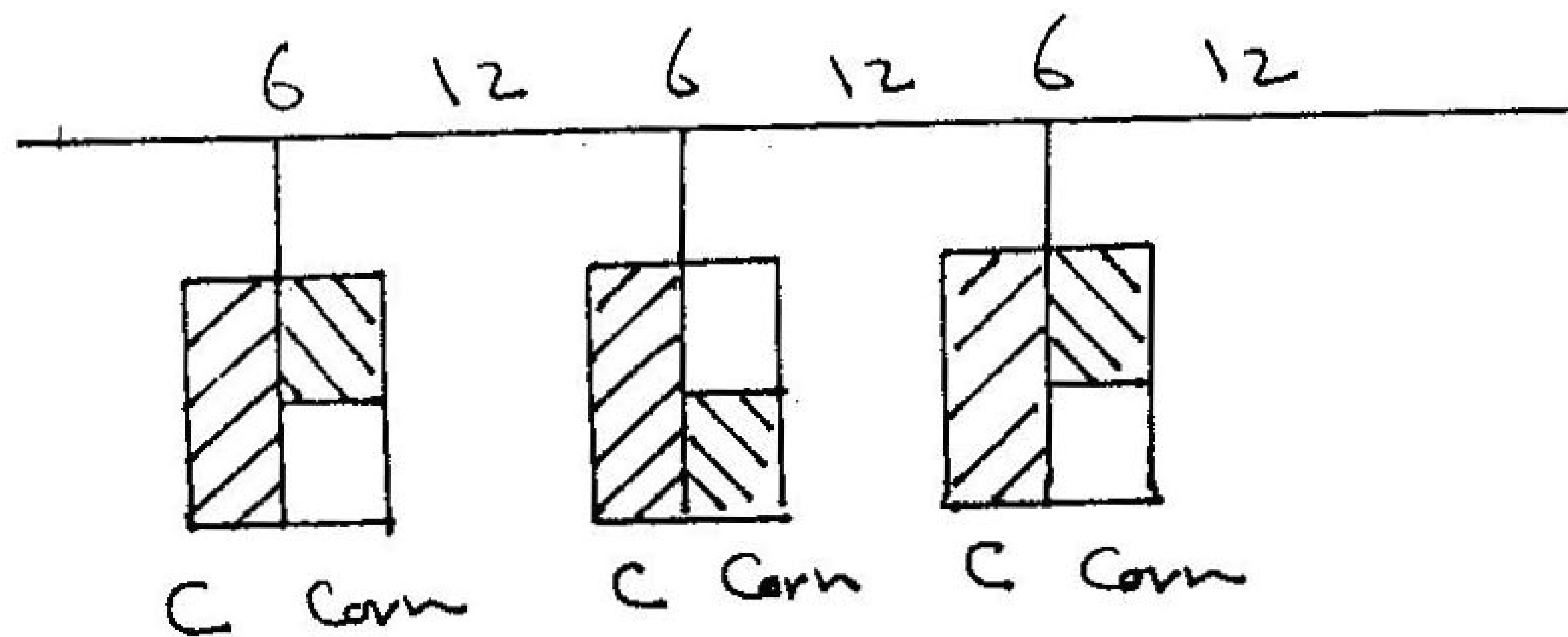
| Cotton | Corn | (3 turn) |
|---|---|---|
| 35% | 65% | |
| 420 | 760 | $m^3$/F/d |
| 14–18 | 28–36 | day |

- Wash Factor = 20%
- 30% losses by Runoff
- 20% in root Zone lost by E.

Req.: Ea

$$Ea = \frac{WS}{WF} * 100$$

$$WF = F.W.D \quad \#$$




No. of Working days = 6 day

20% wash

$$F.W.D = \left( \frac{0.35 * 420}{1 * 6} + \frac{0.65 * 760}{2 * 6} \right) * 1.2$$

$$F.W.D = W_F = 78.8 \ m^3/F/d$$

المياه المتبقية من الحقل بعد الجريان السطحي $= 78.8 (1 - 0.3) = 55.16 \ m^3/F/d$

المياه المختزنة داخل التربة بعد مواجهة البخر $= 55.16 (1 - 0.2) = 44.12 \ m^3/F/d$

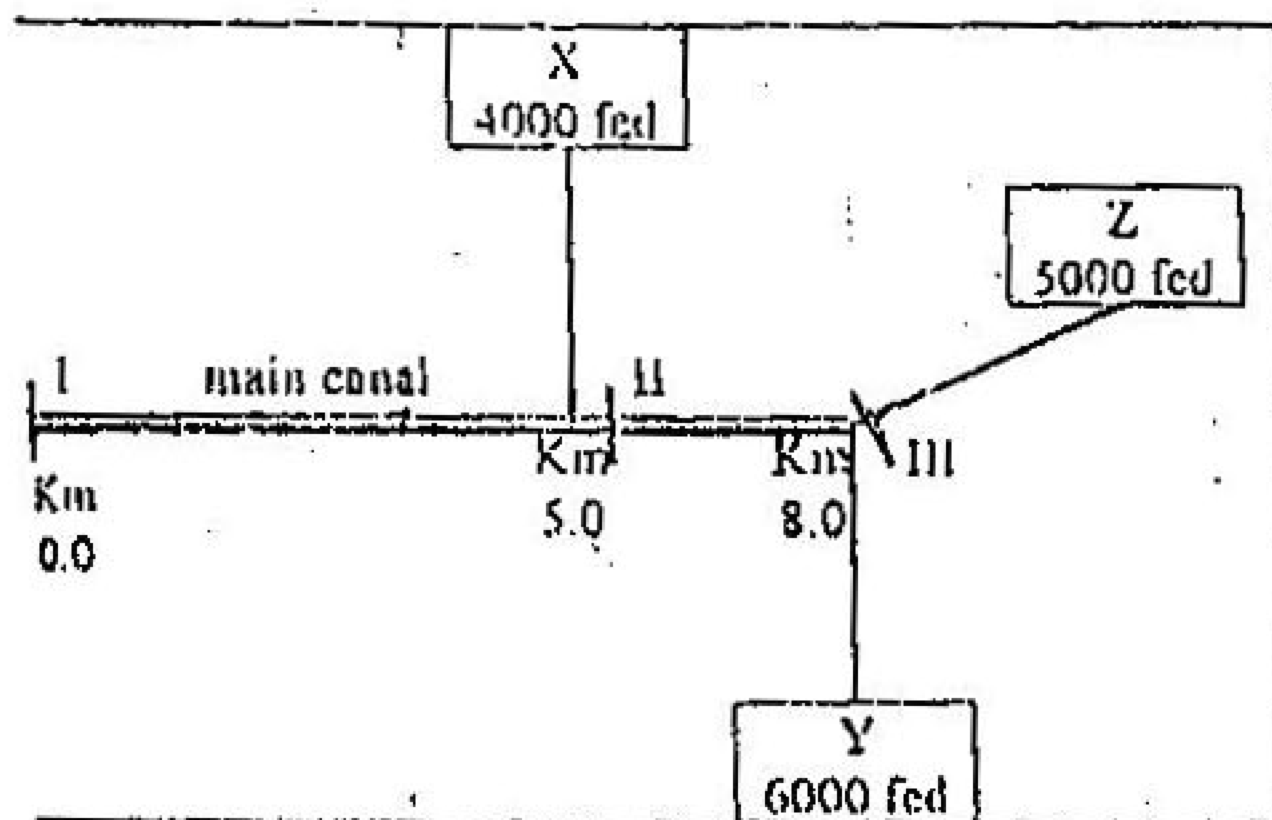
$$E_a = \frac{W_S}{W_F} = \frac{44.12}{78.8} = 0.56 * 100$$

$$= 56 \%$$

---

# Final (2004)

1. A main canal distributes its water for a three distributing canals X, Y and Z, as shown below. Each distributor is of length 3.0 km. The crop pattern is assumed to be:40% cotton, 50% sharaki and 10% public benefits. If the slope of the distributor canal is assumed to be 16 cm/km and 12 cm/km for the main canal, it is required to:
   i) calculate the field, distributor and main canal water duties?
   ii) calculate the discharge of the main canal at Sec. [I] and Sec. [II] before and after the maize cultivation?
   iii) using Buckley and Manning's Equations, design the cross-section of the distributor canal Z at Sec. [III] if {1/n =40} and the side slope = 1 : 1?




L = 3km

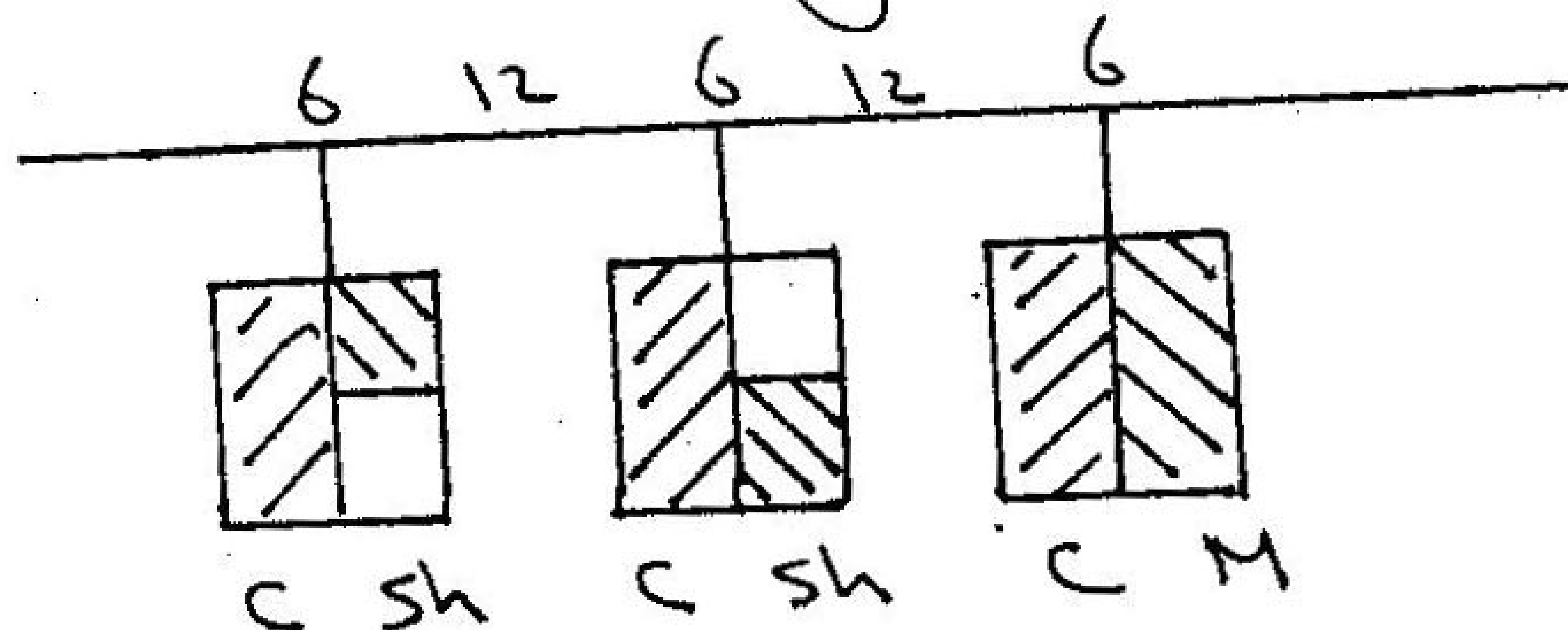
$S_{d.c}$ = 16cm/km

$S_{M.C}$ = 12cm/km

| Cotton | Sharaki | |
|---|---|---|
| 40% | 50% | |
| 350 | 760 | m³/Fld |
| 14-18 | 28-36 | day |

Type of rotation = 3-turn

No. of working days = 18/3 = 6 day



## During Sharaki

$$F.W.D = \frac{0.4 * 350}{1 * 6} + \frac{760 * 0.5}{2 * 6} = 55 \ m^3/F/d$$

$$(d.c)_{W.D} = 1.1 * 55 = 60.5$$

$$(M.C)\ W.D = \frac{1.1 * 60.5}{3} = 22 \ m^3/F/d$$

## After Sharaki

$$F.W.D = \frac{0.4 * 350}{1 * 6} + \frac{350 * 0.5}{1 * 6} = 52.5 \ m^3/F/d$$

$$(d.c)_{W.D} = 1.1 * 52.5 = 57.8$$

$$(M.C)\ W.D = \frac{1.1 * 57.8}{3} = 21 \ m^3/F/d$$

| Sec. | As | | | As + Comp | | | Design As |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Z | Y+0.5X | Z+0.5Y | X+0.5Z | |
| I | 4000 | 6000 | 5000 | 8000 | 8000 | 6500 | 8000 |
| II | — | 6000 | 5000 | 6000 | 8000 | 2500 | 8000 |
| III | — | — | 5000 | — | 5000 | 2500 | 5000 |



**During sharaki** (ربع المقنن)

$$Q = \frac{A_s * WD}{24*60*60}$$

$$Q_I = \frac{8000*3*22}{24*60*60} = 6.1 \ m^3/s$$

$$Q_{II} = \frac{8000*3*22}{24*60*60} = 6.1 \ m^3/s$$

**After sharaki**

$$Q_I = Q_{II} = \frac{8000*3*21}{24*60*60} = 5.8 \ m^3/s$$

---

$$Q_{III} = \frac{5000*60.5}{24*60*60} = 3.5 \ m^3/s$$

$1/n = 40$

$z = 1$

**Manning** $Q = 1/n \ \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$

**Buckly** $y = 0.1\sqrt{b}\ (S/2+4)$

↓ get $y$, $b$

check of velocity $V = Q/A$ $(0.3 \rightarrow 0.9 \ m/s)$

Final (2006)

B} A main canal distributes its water for three distribution canals of equal area served of 2000 feddans each. The crop pattern of the whole area is 40% Cotton, 50% Sharaki, and 10% public benefits. It is required to:

1. Calculate the water duty and the discharge of each of the main and the distribution canals if the working period is 6 days,
2. Design the cross section of the main canal for non-silting non-scouring conditions (z=1, s=8 cm\Km ),
3. Draw to a reasonable scale a typical cross section of the main canal,
4. Check the seepage line.

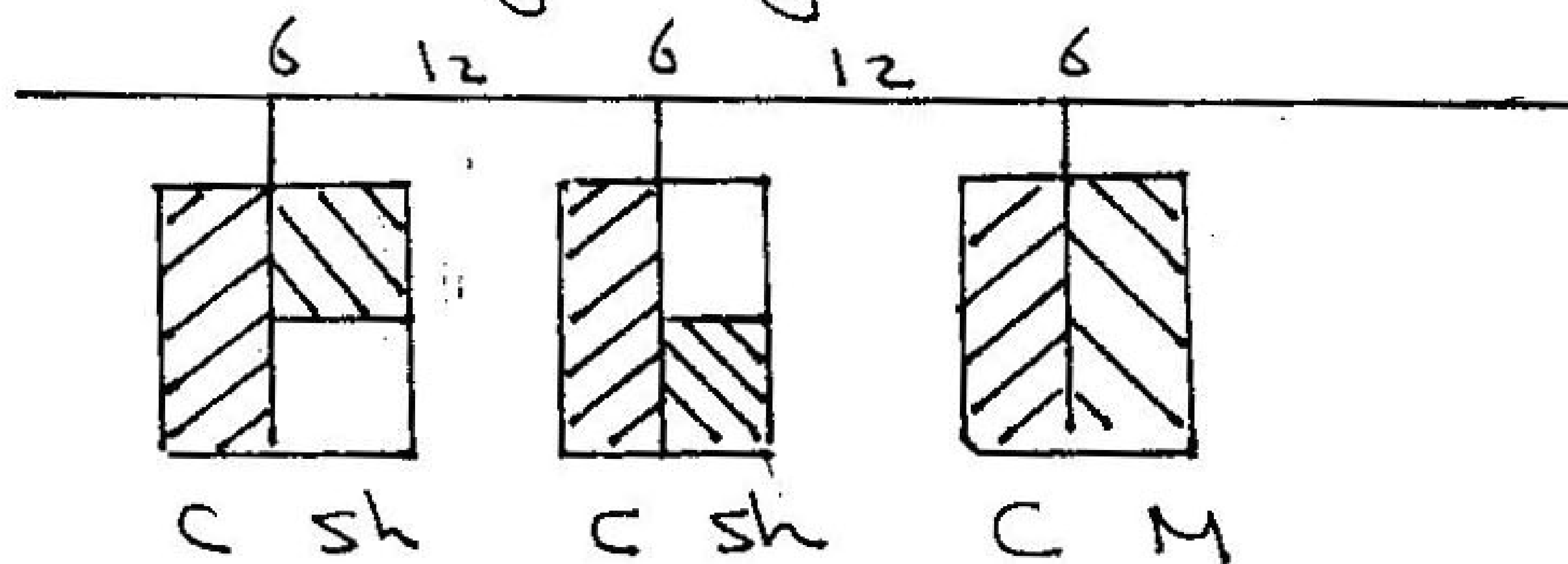
$A_s$ branch = 2000 F

$A_s$ Main = 6000 F (3 * 2000)

نوع الفدان — As Large — الحساب الأكبر

| Cotton | Sharaki |
|---|---|
| 40% | 50% |
| 350 | 760 $m^3/F/d$ |
| 14–18 | 28–36 |

No. of w. days = 6




$$F.W.D = \frac{0.4 * 350}{1 * 6} + \frac{0.5 * 760}{2 * 6} = 55 \, m^3/F/d$$

$$(B.C) \, W.D = 1.1 * 55 = 60.5 \, m^3/F/d$$

$$(M.C)_{W.D} = \frac{1.1 * 60.5}{3} = 22\ m^3/F/d$$

$$Q = \frac{As.\ WD}{24*60*60}$$

$$Q_{b.c} = \frac{2000 * 60.5}{24*60*60} = 1.4\ m^3/s$$

$$Q_{M.C} = \frac{6000 * 22}{24*60*60} = 1.53\ m^3/s$$

---

$Q_{M.C} = 1.53\ m^3/s$

$Z = 1$

$S = 8\ cm/km$

$1/n = 40$

use Manning & Buckly

get b, y

and check the velocity

# Irrigation & Drainage Engineering

**2nd year Civil Engineering**

الفرقة الثانية مدني

# مراجعة

# الصرف

# Drainage
# الصرف

Final (2001), (2005)

1-a. Why is there usually a need for drainage in an irrigated area?

b. What is the error in computing the water table height above drain level at mid-distance between drains on the basis of horizontal assumptions, while the drains were pipes of 10 cm radius and 5 cm of gravel envelope is used around the pipe at 2 m below soil surface and distance 50 meter? The impermeable layer is at 20 m below drain center, the hydraulic conductivity is 0.5 m/day and the drainage rate is 10 mm/day.

1-a)

## Benefits of Drainage الأغراض الأساسية لعملية الصرف

1. توفير بيئة مناسبة"ماء+هواء" في منطقة جذور النبات لتحقيق التهوية الجيدة لمنطقة الجذور .
2. التحكم في ملوحة التربة.
3. سهولة سير العمليات الزراعية المختلفة من حرث وري وحصاد .
4. منع انتشار الأوبئة والحشرات الناتجة عن وجود البرك والمستنقعات في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية.
5. تحسين خواص التربة خاصة التربة الطينية.

1-b) Pipe drains

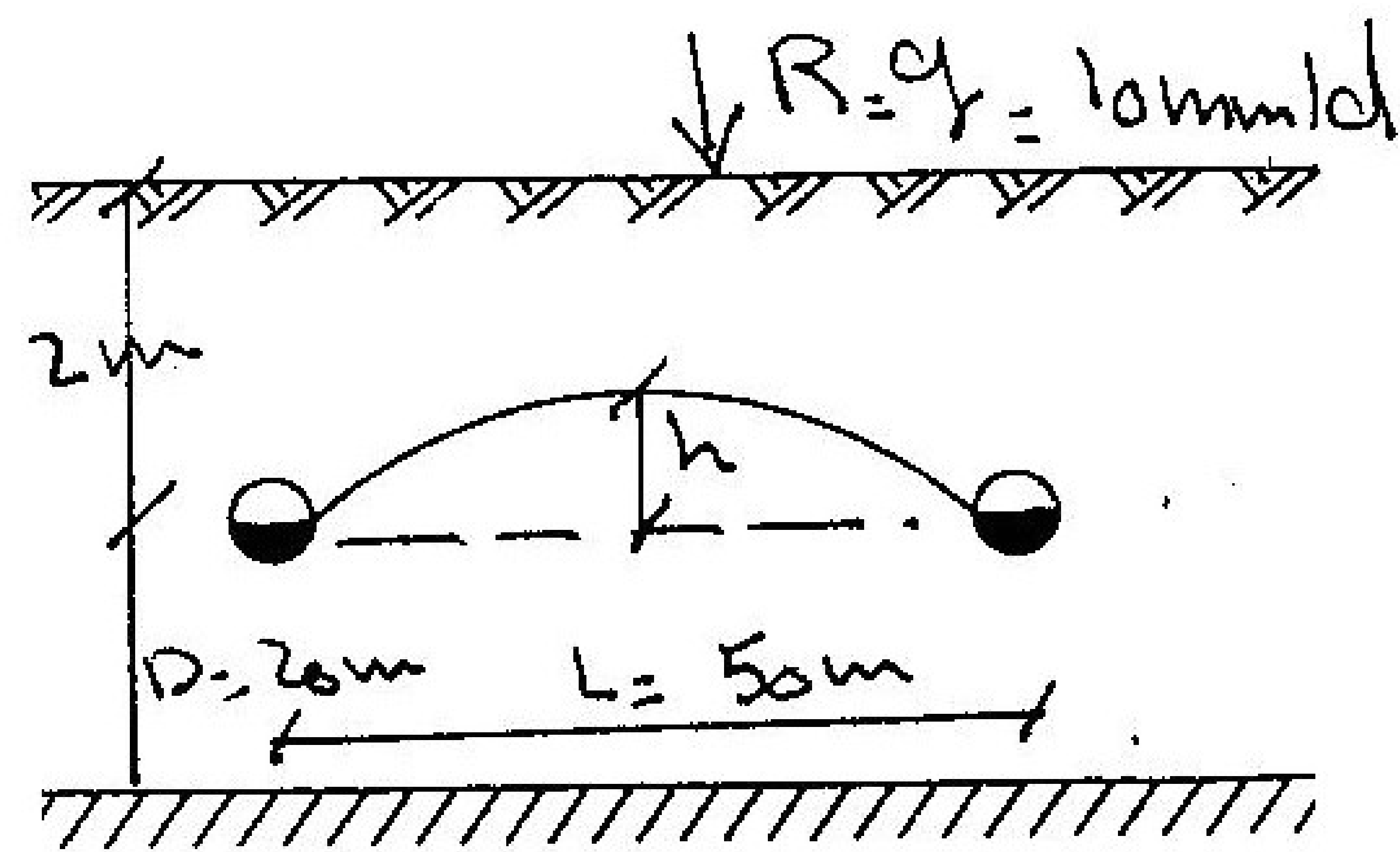
$r = 10\,cm + 5\,cm$ gravel envelope

depth under surface = 2 m

$L = 50\,m$

$D = 20\,m$, $k = 0.5\,m/d$

$q = 10\,mm/d$




__Using Hooghoudt__

$$L^2 = \frac{8 k d_e h + 4 k h^2}{R}$$

$$D/L = \frac{20}{50} = 0.4 > 0.3$$

$$d_e = \frac{L}{2.55\left[\ln\frac{L}{r_o} - 1.15\right]}$$

$$d_e = \frac{50}{2.55\left[\ln\frac{50}{0.15} - 1.15\right]} = 4.2$$

$$(50)^2 = \frac{8 * 0.5 * 4.2 * h + 4 * 0.5 * h^2}{10 * 10^{-3}}$$

$$25 = 16.8 h + 2h^2$$

$$2h^2 + 16.8h - 25 = 0$$

$$h = \frac{-16.8 \pm \sqrt{(16.8)^2 + 4*2*25}}{2*2}$$

$$h = 1.3 \text{ m} \#$$

---

On the basis of horizontal flow assumptions:

$$L^2 = \frac{8kDh + 4kh^2}{R}$$

$$(50)^2 = \frac{8*0.5*20*h + 4*0.5*h^2}{10*10^{-3}}$$

$$25 = 80h + 2h^2$$

$$2h^2 + 80h - 25 = 0$$

$$h = \frac{-80 \pm \sqrt{80^2 + 4*2*25}}{2*2}$$

$$h = 0.31 \text{ m} \#$$

$$\text{The error} = \frac{1.3 - 0.31}{1.3} * 100 = 76.1\%$$

---

Final (2001)

b. Calculate the drain spacing required to maintain the water table level below 1.0 m depth in an area of irrigated sugar cane and also the drain discharge for the following situation:

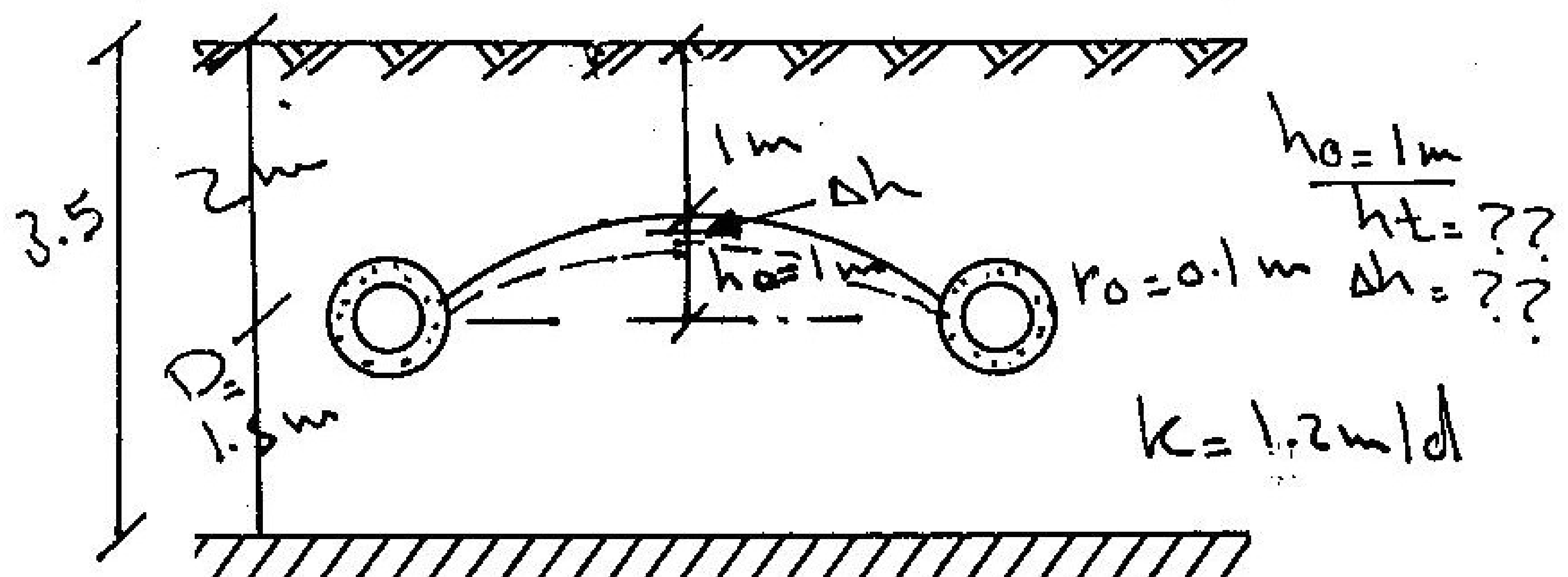
Irrigation interval 15 days
Irrigation quantity 133 mm
Drainage quantity 25% of the irrigation.

Soil factors:

Soil depth 3.5 m (depth from ground level to impervious clay)
Soil hydraulic conductivity 1.2 m/day
Moisture content at 1) Saturation 52%
2) Field capacity 47%
3) Wilting point 35%.

Drain factors:

The radius of the drain pipe and filter is 0.1 m and the average depth of the field drain is 2.0 m.




$$R = \frac{133 * 10^{-3}}{15} = 8.87 * 10^{-3} \text{ m/d}$$

$$q = 25\% \, R = 0.25 * 8.87 * 10^{-3} = 2.217 * 10^{-3} \text{ m/d}$$

$$q = \Delta h * Fa$$

$$Fa = \text{Saturation} - F.C$$

$$F_a = 52\% - 47\% = 5\%$$

$$2.217 * 10^{-3}\ m/d = \Delta h * 0.05$$

$$\Delta h = 0.04434\ m/d$$

Total (Δh) الانخفاض الكلي في منسوب الماء الجوفي

$$= 0.04434 * 15\ day = 0.665\ m$$

$$h_t = 1 - 0.665 = 0.335$$

Using Glover-Dumm

$$L = \pi \left[\frac{t \cdot d_e \cdot k}{F_a}\right]^{1/2} \cdot \left[\ln\left(1.16\frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-1/2}$$

$$L = \pi \left[\frac{15 \cdot d_e \cdot 1.2}{0.05}\right]^{1/2} \left[\ln\left(1.16\frac{1}{0.335}\right)\right]^{-1/2}$$

$$L = 53.48\sqrt{d_e}$$

For $D/L \leq 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55 \ln\frac{D}{r_o} - 3.4\right]}$$

$$d_e = \frac{1.5}{1 + \frac{5.258}{L}}$$

| Lass | D/L | de | L |
| --- | --- | --- | --- |
| 30 | 0.05 | 1.276 | 60.41 |
| 60.41 | | 1.379 | 62.82 |
| 62.82 | | 1.381 | 62.91 |
| 62.91 | | 1.384 | 62.93 |

$L = 62.9$ m

Final (2001)

b. A drain pipe 10 cm in diameter was installed with 5.0 cm gravel envelope around the pipe. The porosity of the gravel is 30%. The drain spacing was 50 m and drainage coefficient is 3 mm/day. If the hydraulic conductivity of the soil is 0.3 m/day, what will be the hydraulic gradient at entry of flow to the drain?

$r = 5$ cm $\quad r_o = 5 + 5 = 10$ cm

(5 ← Filter)

porosity of Gravel = 30%

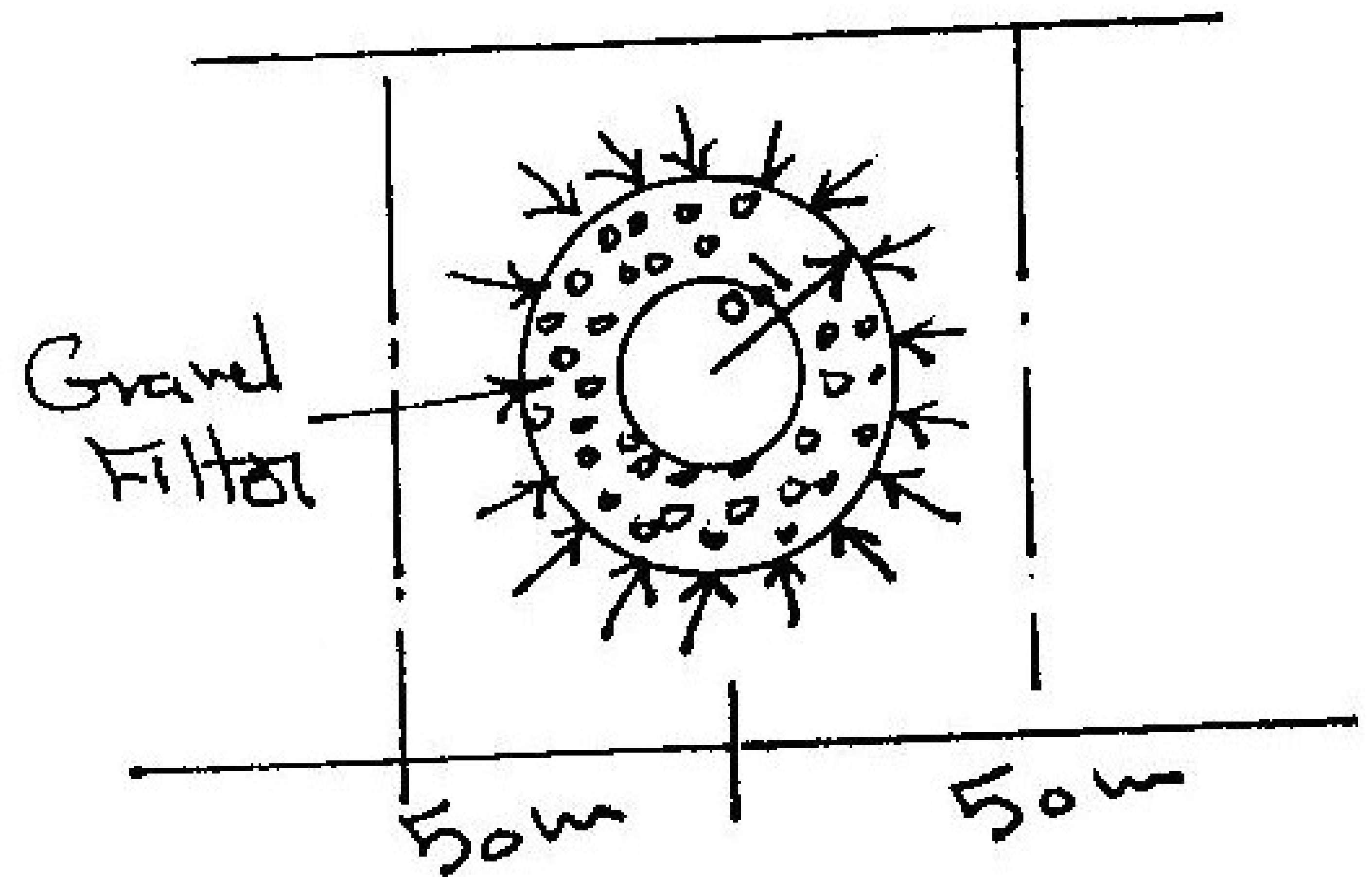
$L = 50$ m

$q = 3$ mm/d

$k = 0.3$ m/d

Req: $i$ (Hydraulic gradient)

$Q = q * A$ ← المساحة السطحية ℄ to ℄




$Q = 3 * 10^{-3} * (50 * 1)$

$Q = 0.15 \ m^3/d$

$Q = k . A . i$ (Darcy Law)

قانون دارسي

مساحة محيطية → A

$0.15 = 0.3 * (2 * \pi * 0.1 * 1m) * i * 0.3$

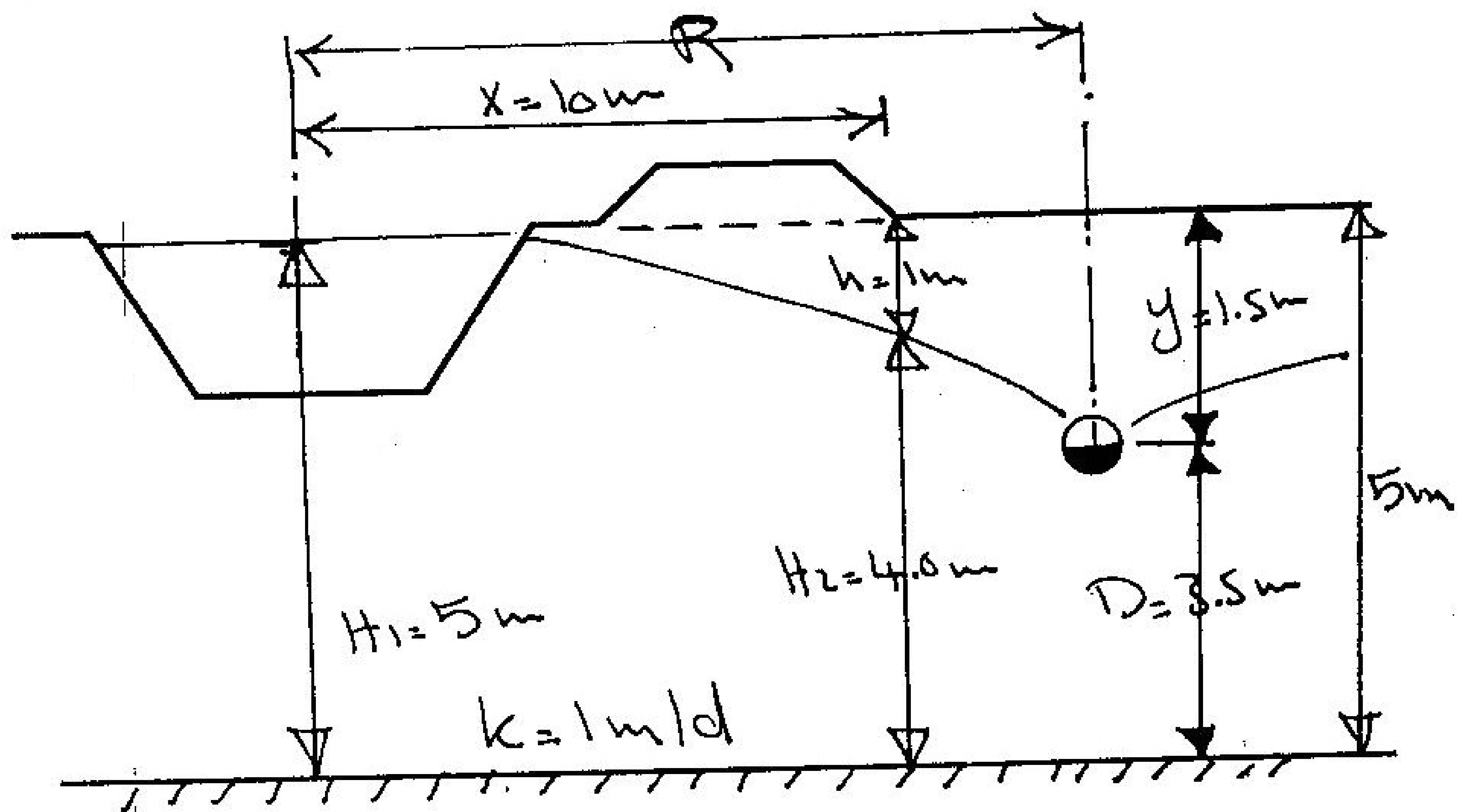
Porosity of Gravel ↗ 0.3

$i = 2.65$

Final (2002)

2- The water level in a canal is the same as the soil surface and the distance from the canal center to the edge of the agricultural land is 10 m. What is the distance from the canal center to a covered interceptor drain that lowers the water table at the edge to 1.0 m below soil surface if the depth of the impermeable layer is 5 m and the depth of the drain is 1.5 m. The soil hydraulic conductivity is 1 m/day.

If the length of this covered drain is 1000 m, and its slope is 4 cm/100m, calculate the length that can be used of each size of smooth pipes when the commercially available diameters are 15, 20, 25, 30,........ cm.




$$R = \frac{X\,(H_1^2 - D^2)}{(H_1^2 - H_2^2)}$$

$$R = \frac{10\,(5^2 - 3.5^2)}{(5^2 - 4^2)} = 14.2\text{m}$$

$L = 1000\ m$

$S = 4\ cm/100\ m$

Smooth pipe

$D = 150, 200, 250, 300\ mm$

interceptor drain (Non uniform)

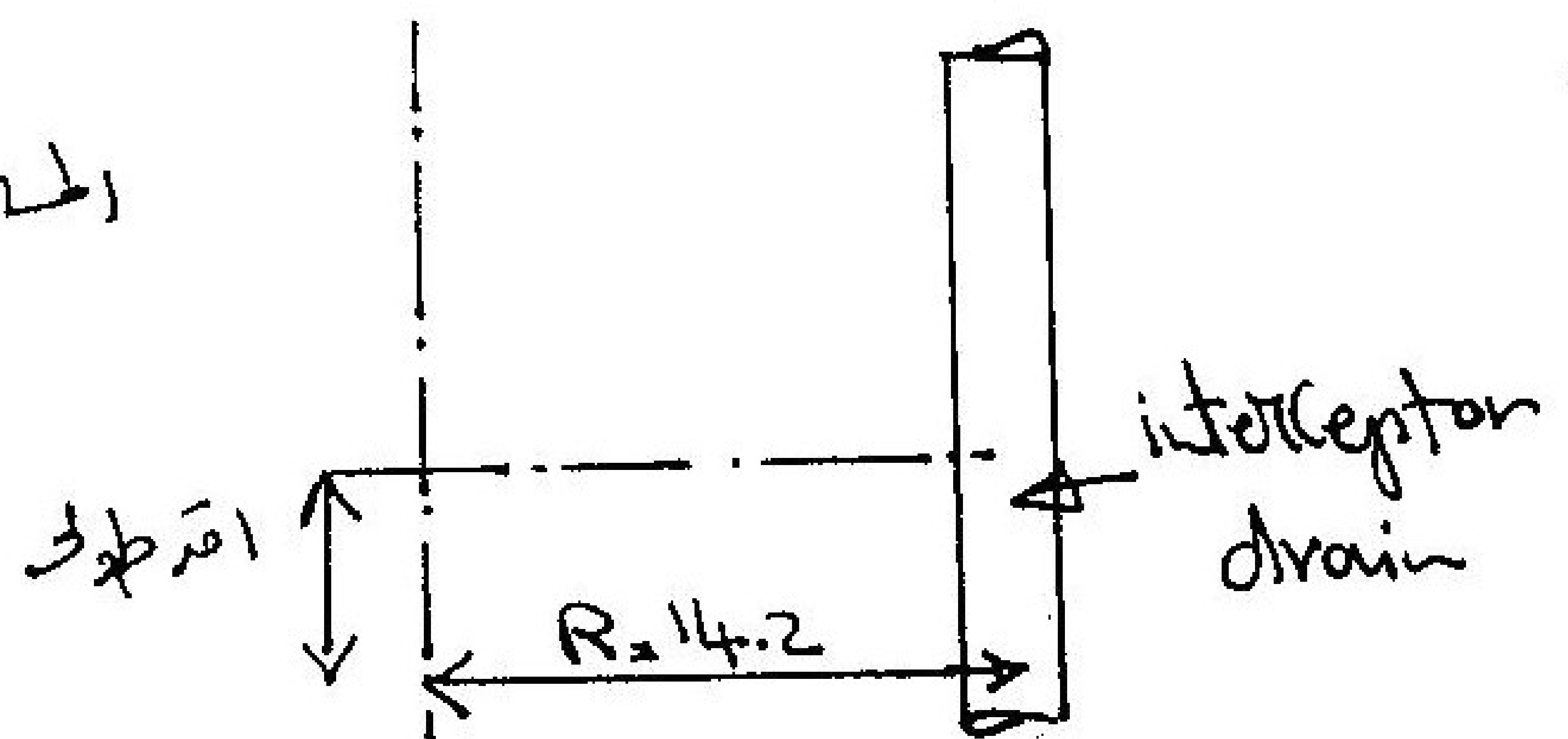
<u>wesseling equ</u>

$$q \cdot B \cdot L = F.S\ (89\ d^{2.714} \cdot S^{0.572})$$

$$Q = \frac{K(H_1^2 - D^2)}{2R}$$

$$Q = \frac{1\ (5^2 - 3.5^2)}{2 * 14.2} = 0.45\ m^3/d$$

$$q = \frac{Q}{A}$$ ← المساحة المؤثرة




$$q = \frac{0.45}{14.2 * 1}$$

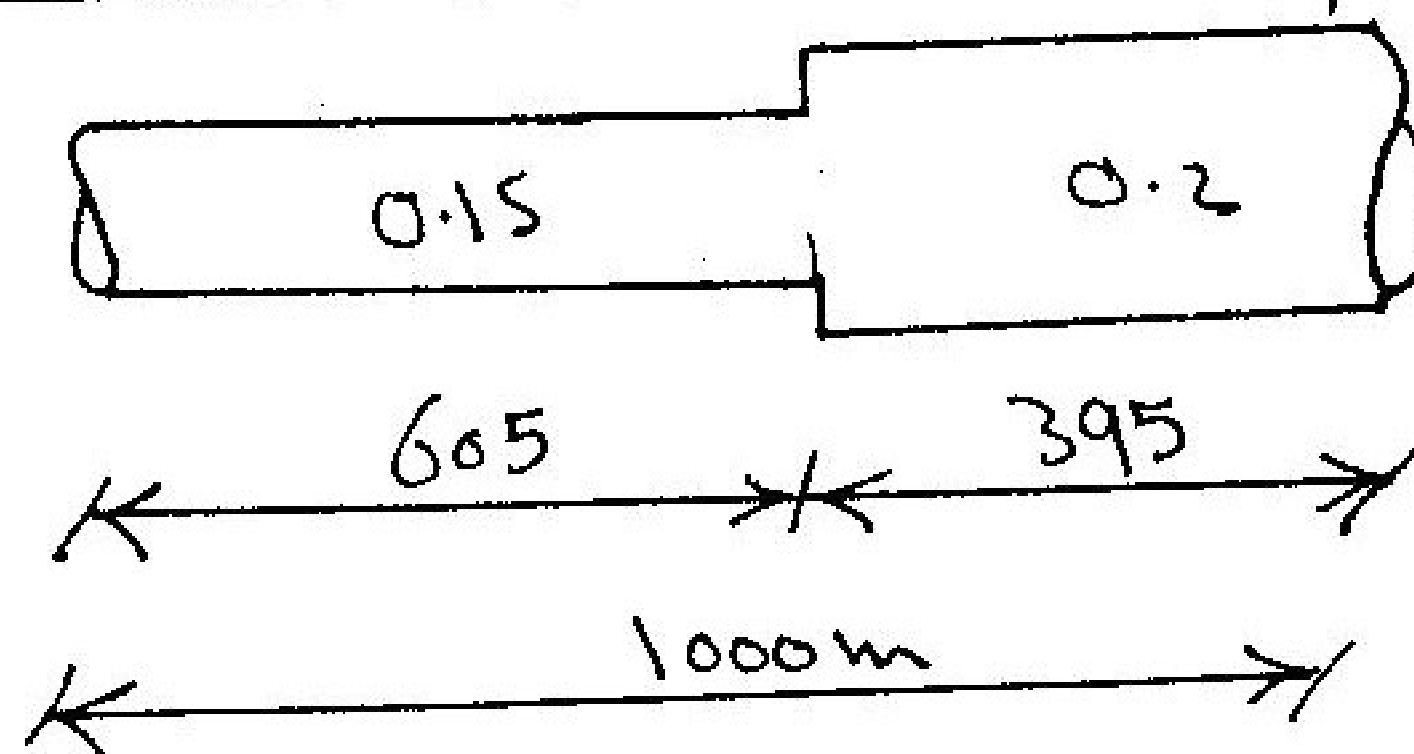
$q = 0.03\ m/d$

$$\frac{0.03 * 14.2 * L}{24 * 60 * 60} = F.S \left(89\ d^{2.714} \times \left(\frac{4}{10000}\right)^{0.572}\right)$$

dimensionless ← slope تحول الى سم مش متر

$$L = F.S * d^{2.714} * 205528.7$$

| d | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 |
|---|---|---|---|---|
| F.S | 0.6 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| L | 716.03 | 1954.04 | / | / |
| 0.85 L | 608.6 | 1660.9 | / | / |
| L approx | 605 | 1660 | / | / |
| Each L | 605 | 1055 | / | / |
| L total | 1000 m | | | |




# حلول الماسورة (1000 m) حتى على من القطرين (0.15 ,0.2) فقط ولا داعي لإستخدام أقطار أخرى.

Final (2002)

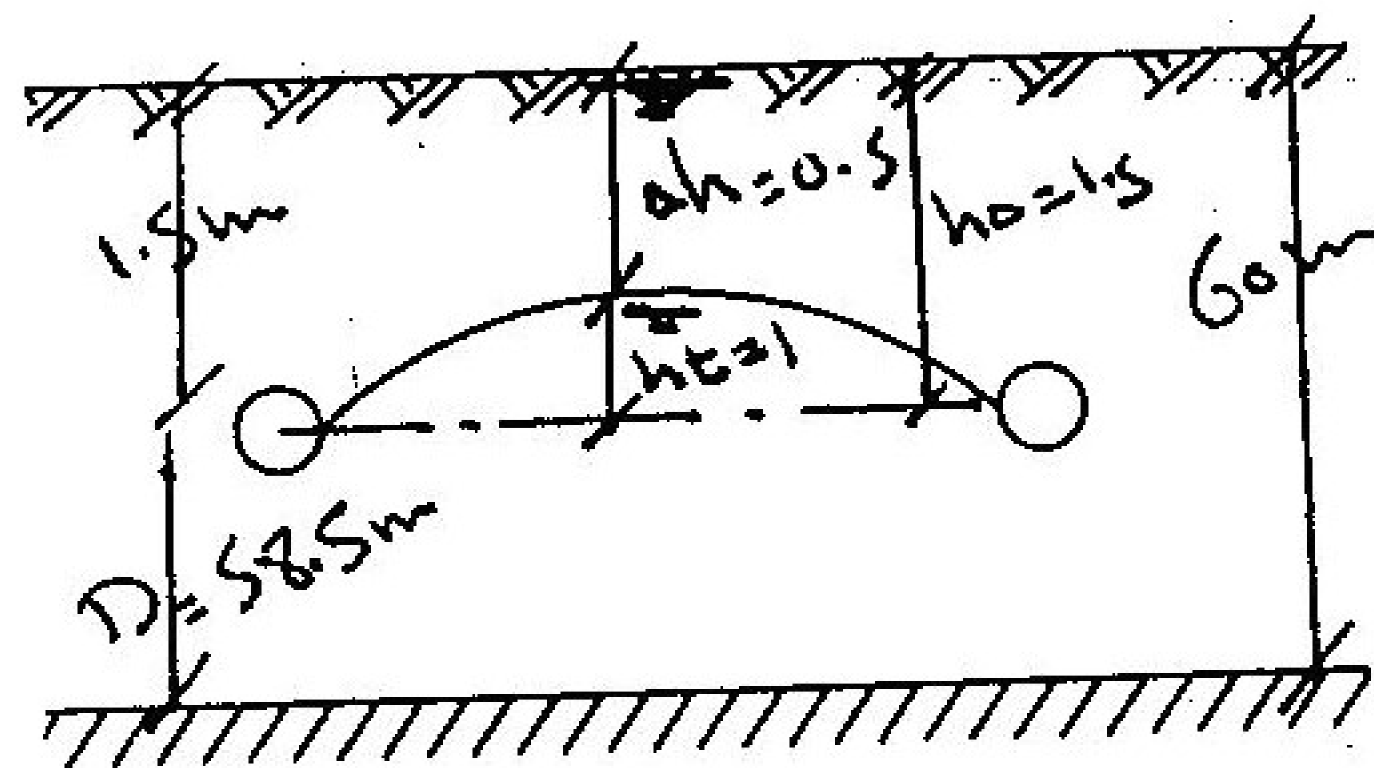
3- Compute the spacing between tile drains using:

a. Glover equation

b. Amer or Kirkham equation.

The water table is required to drop from soil surface to a depth of 0.5 m below soil surface in a 3-days period. The hydraulic conductivity is 1 m/day, the drainable porosity is 5% and the depth to the impermeable layer is 60 m. The diameter of the drain is 0.10 m, and the drain depth is 1.50 m.

[$F_{kirkham} = (1/\pi)(\ln\{L/\pi r_o\})$].




$t = 3$ day

$k = 1$ m/d

$Fa = 0.05$

$d = 0.1$ m

Glover equation

$$L = \pi \left[\frac{t \cdot de \cdot k}{Fa}\right]^{1/2} \cdot \left[\ln 1.27 \frac{h_o}{h_t}\right]^{-1/2}$$

$$L = \pi \left[\frac{3 * de * 1}{0.05}\right]^{1/2} \cdot \left[\ln 1.27 \frac{1.5}{1}\right]^{-1/2}$$

$$\boxed{L = 30.3\sqrt{de}}$$

Assume $D/L > 0.3$

$$d_e = \frac{L}{2.55\,(\ln \frac{L}{r_o} - 1.15)}$$

$$d_e = \frac{L}{2.55\,\ln(\frac{L}{0.05} - 1.15)}$$

| $L_{ass}$ | D/L | de | $L_{cal.}$ |
|---|---|---|---|
| 60 | 0.975 | 3.319 | 55.2 |
| ↓ | | | |

## Amer equation

$$L = \frac{t \cdot k}{F_a \cdot F_k \,\ln(h_o/h_t)}$$

$$F_k = \frac{1}{\pi}\,(\ln \frac{L}{\pi r_o})$$

$$F_k = \frac{1}{\pi}\,\ln \frac{L}{\pi * 0.05}$$

$$L = \frac{3 * 1}{0.05 * F_k \left( \ln \frac{1.5}{1} \right)}$$

$$L = \frac{147.9}{F_k}$$

| $L_{ass}$ | $F_k$ | $L_{cal}$ |
|---|---|---|
| 50 | 1.834 | 80.6 |
| 60 | 1.892 | 78.1 |
| 70 | 1.942 | 76.2 |
| 75 | 1.963 | 75.3 |

$L = 75\,m$

Final (2003)

1. a. Choose the correct answers:
- Dupuit & Forchheimer assumptions are made to:
simulate boundary conditions – simplify the reality - get approximate solution.
- Spacing between drains is inversely proportion to:
water table height - hydraulic conductivity - recharge rate per unit area.
- The clay lands (comparing to sandy lands) need:
narrow spacing drains - wide spacing drains - deep drains - shallow drains.
- Transient drainage equations are suitable for:
arid & semi-arid regions – humid & sub-humid regions – both.
- The function of the envelope materials is:
filtering – supporting – minimizing head loss – all pre-mentioned

Final (2003)

b. The $EC_{iw}$ is 1.2 mmhos/cm, the irrigation gift is 8 mm/day, $EC_{dw}$ = 6.0 mmhos/cm and the hydraulic conductivity is 0.10 m/day. Compute the drain spacing if drain pipes with 10 cm diameter are placed at 2.0 m depth below surface. The water table should not be closer than 0.80 m from the soil surface. The impermeable layer is very deep below drains.

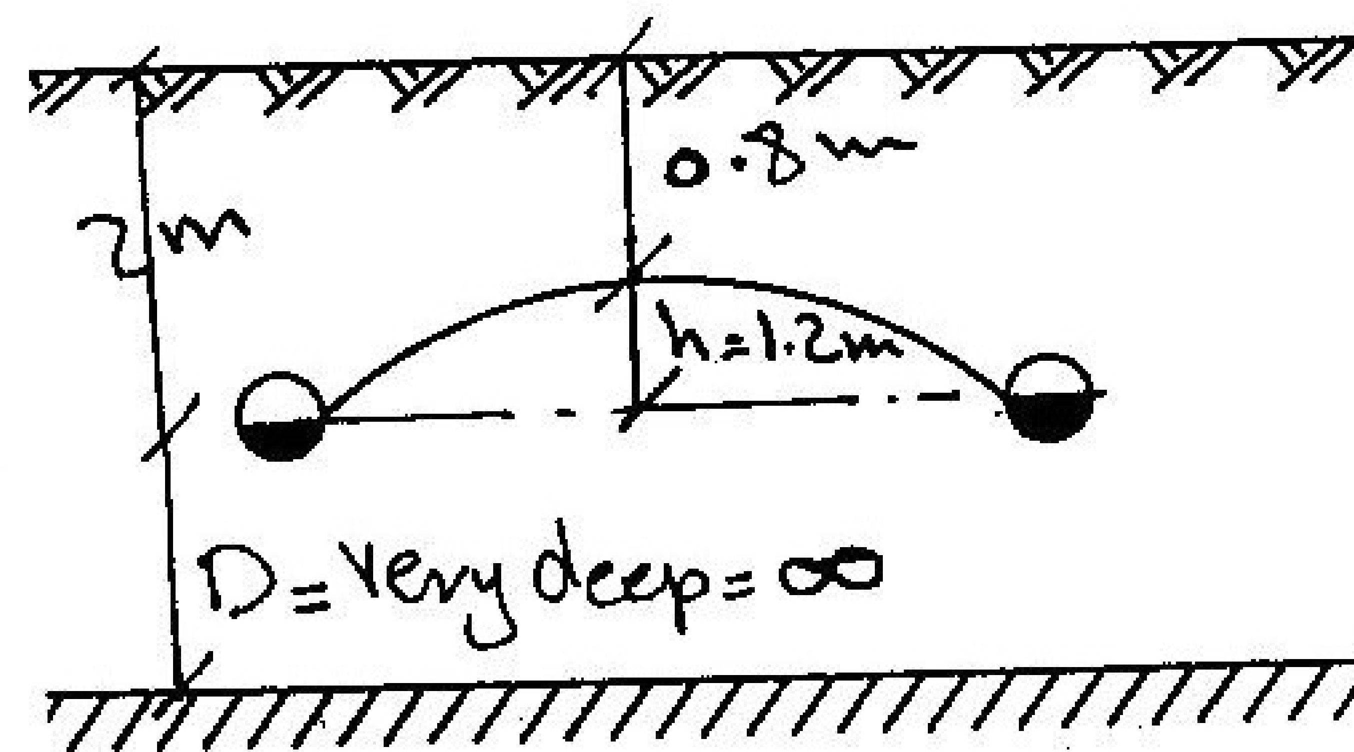
$EC_{iw}$ = 1.2 mmhos/cm

irrigation gift = $D_{iw}$ = 8 mm/d

$EC_{dw}$ = 6 mmhos/cm

K = 0.1 m/d

d = 10 cm




Salt Balance equation

$$EC_{iw} * D_{iw} = EC_{dw} * D_{dw}$$

$$1.2 * 8 = 6 * D_{dw}$$

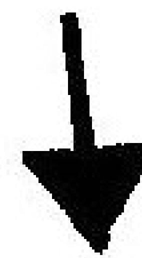
$$D_{dw} = q = 1.6 \text{ mm/day}$$

$$L^2 = \frac{8 k d_e h + 4 k h^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8 * 0.1 * d_e * 1.2 + 4 * 0.1 * 1.2^2}{1.6 * 10^{-3}} \rightarrow (1)$$

$$\therefore D/L = \frac{\infty}{L} = \infty > 0.3$$

$$d_e = \frac{L}{2.55 \left[ \ln \frac{L}{r_o} - 1.15 \right]}$$

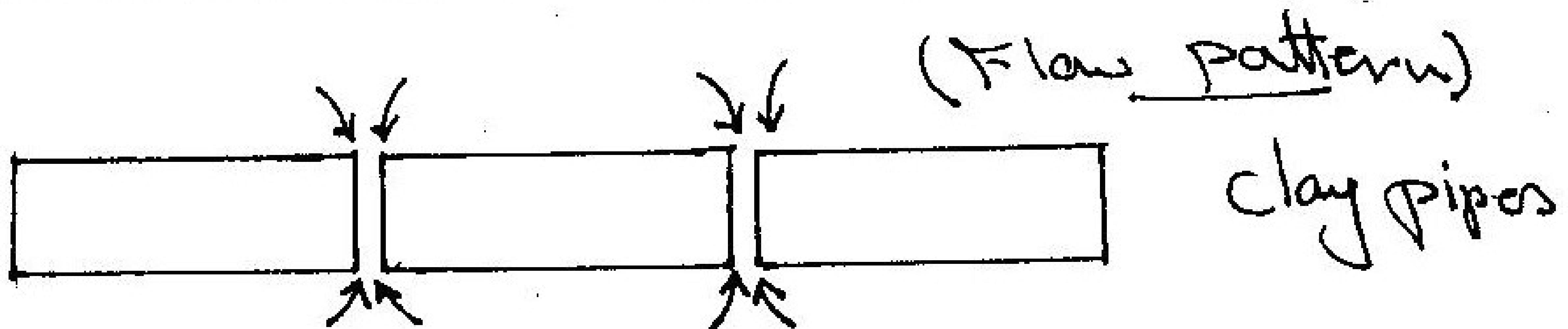


Complete

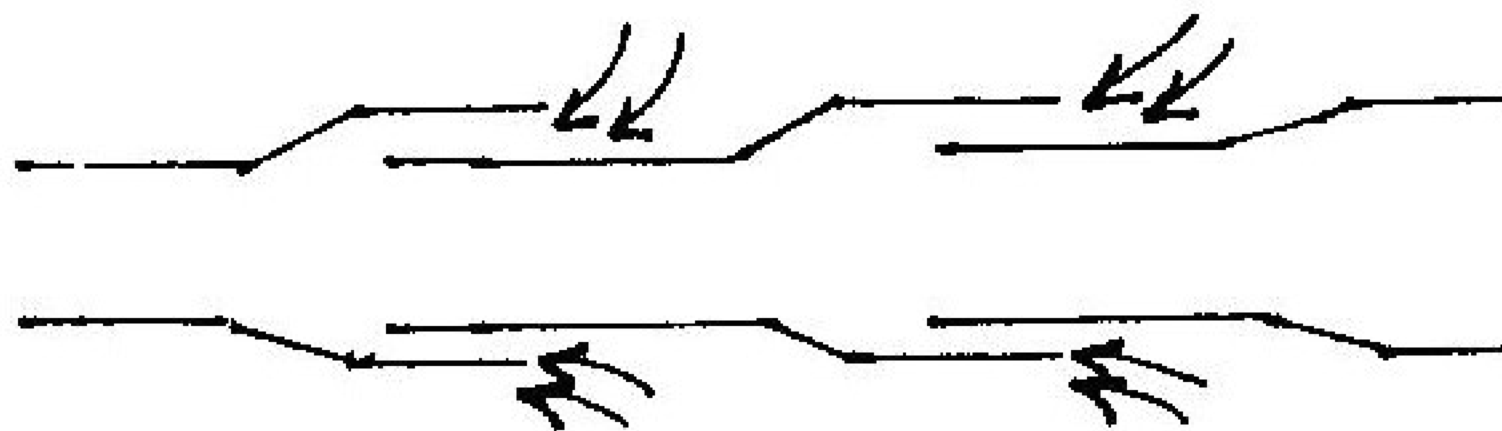
Final (2003)

2. a. What are the most common types of pipes used in land drainage? How can you choose one of them for a project? Draw the entry flow pattern for each.

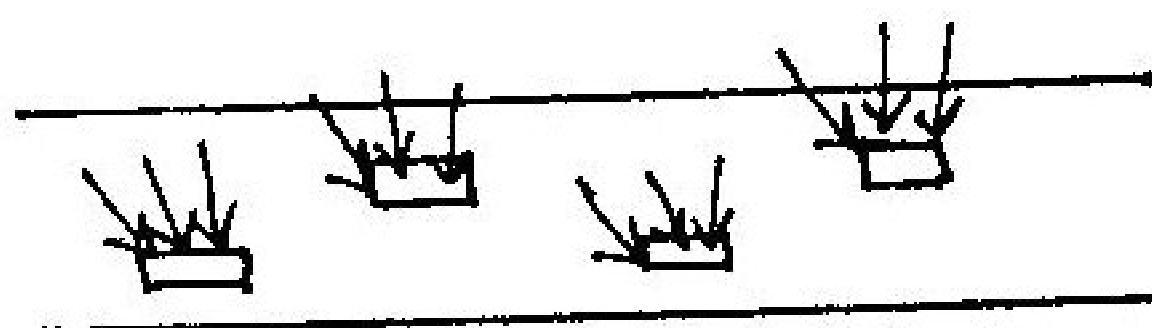
(Flow pattern)



Clay pipes



Concrete pipes



Plastic pipes

# Final (2003)

b. A collector drain in a composite system has a total length of 750 m and slope 0.04% serve an area with a width 400 m. If the drainage coefficient is 2.0 mm/day and the pipes available are corrugated plastic tubes with diameters equal to 150, 200 and 250 mm. Find the maximum length that can be used of each size to make a collector with increasing diameter.

(Collector)

$L = 750\ m$ $B = 400\ m$

$S = 0.04\%$ $q = 2\ mm/d$

Corrugated (Non-uniform)

$d = 150, 200, 250\ mm$

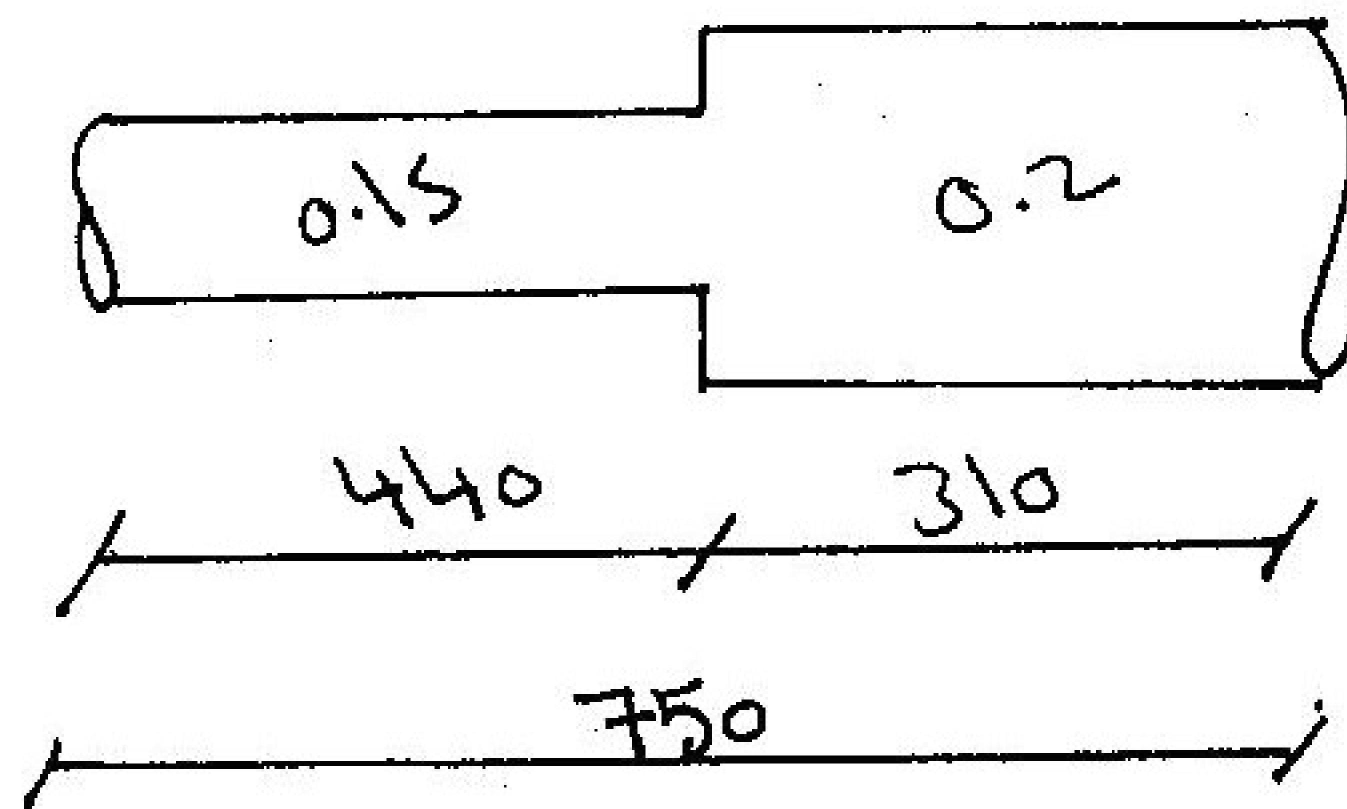
Max length : F.S = 1

$$qBL = F.S\,(38\,d^{2.667} * S^{0.5})$$

$$\frac{2*10^{-3}*400*L}{24*60*60} = F.S\left(38\,d^{2.667}*\left(\frac{0.04}{100}\right)^{0.5}\right)$$

$$L = 82080\,d^{2.667} * F.S \quad (F.S \rightarrow 1)$$

| d | 0.15 | 0.2 | 0.25 |
|---|---|---|---|
| $L_{max}$ | 521.04 | 1122.2 | / |
| $0.85L_{max}$ | 442.9 | 953.9 | / |
| $L_{approx}$ | 440 | 950 | / |
| each L | 440 | 510 | |
| $L_{total}$ | 750 m | | |




Final (2004)

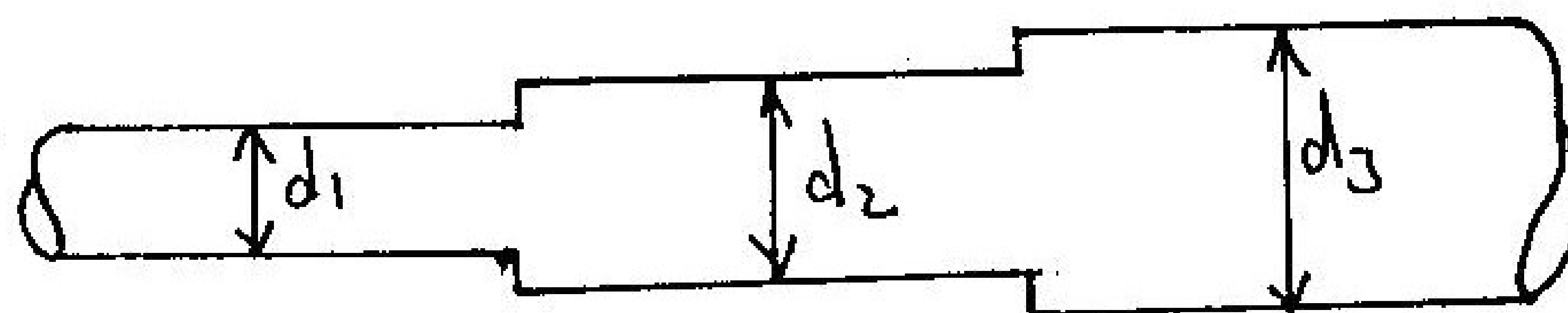
*Question No.1*

a. Discuss briefly the following:

- salinity and water logging.
- canal seepage.
- the reclamation of salt affected soils.
- drain pipe lines with increasing diameters.
- the main assumption made by Kirkham to solve the steady state solution of the drain spacing equation.

b. State the assumptions of Donnan equation and use them to derive it.

drain pipe lines with increasing diameters




تستخدم المصارف بأقطار متزايدة في حالة المجمعات (Collectors)
حيث أن كميات المياه تزداد داخل الماسورة ويتم زيادة الأقطار
لاستيعاب كميات المياه المتزايدة.

Final (2004), (2006)

*Question No.2*

a. Compare between corrugated and plastic pipes in tabulate form.

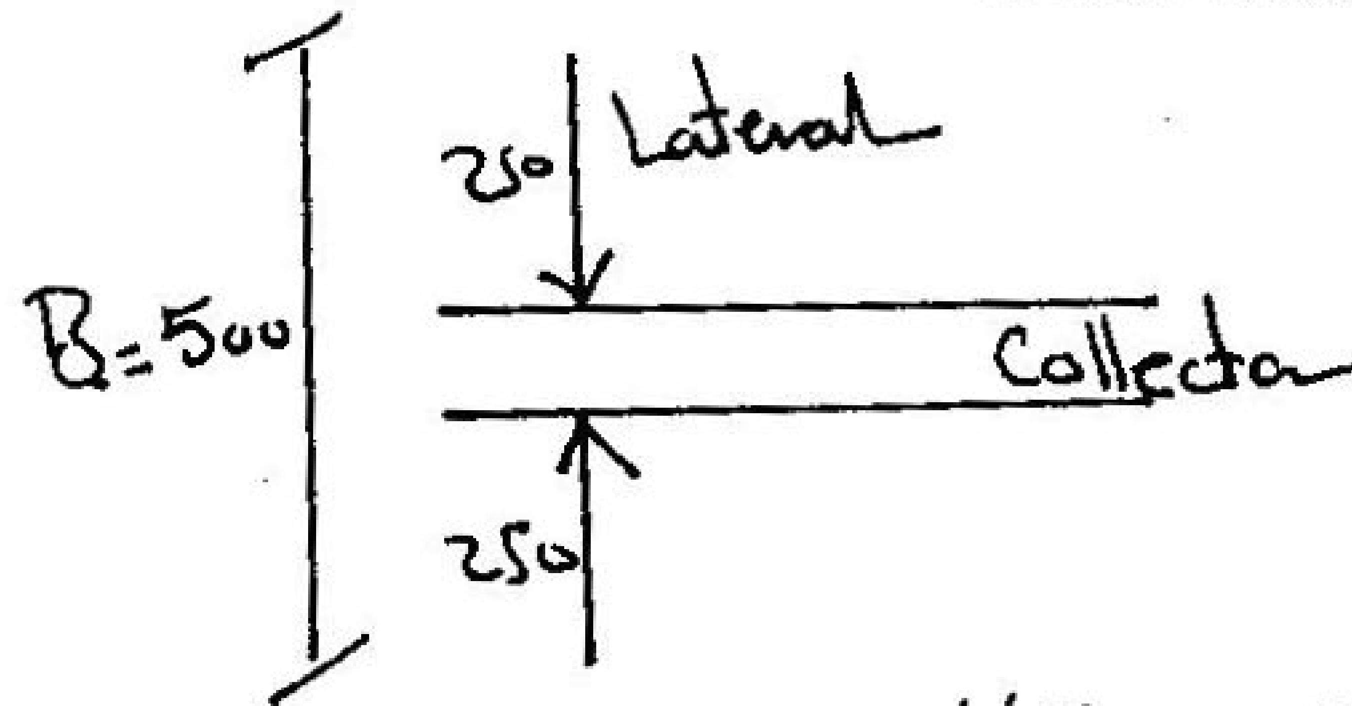
b. Design a corrugated plastic collector drain with a slope 0.001 and increasing diameters 130, 165, 205 and 285mm, if the drainage coefficient is 4mm/day. The length of laterals on each side is 250m and the total length of collector is 1000m.

What is the drop in elevation for a pipe of diameter of 400mm to transport the flow of this area to a lake at 350m from the outlet.

Corrugated, Collector → Non uniform

$S = 0.001$ $d = 130, 165, 205, 285$ mm

$q = 4$ mm/d $L_{total} = 1000$ m




$$qBL = F.S\,(38\,d^{2.667} * S^{0.5})$$

$$\frac{4*10^{-3} * 500 * L}{24*60*60} = F.S\, d^{2.667} * (0.001)^{0.5}$$

↓ get each L

The outflow of the area = $Q = q.B.L_{total}$

$d = 400\ mm$

transport → uniform

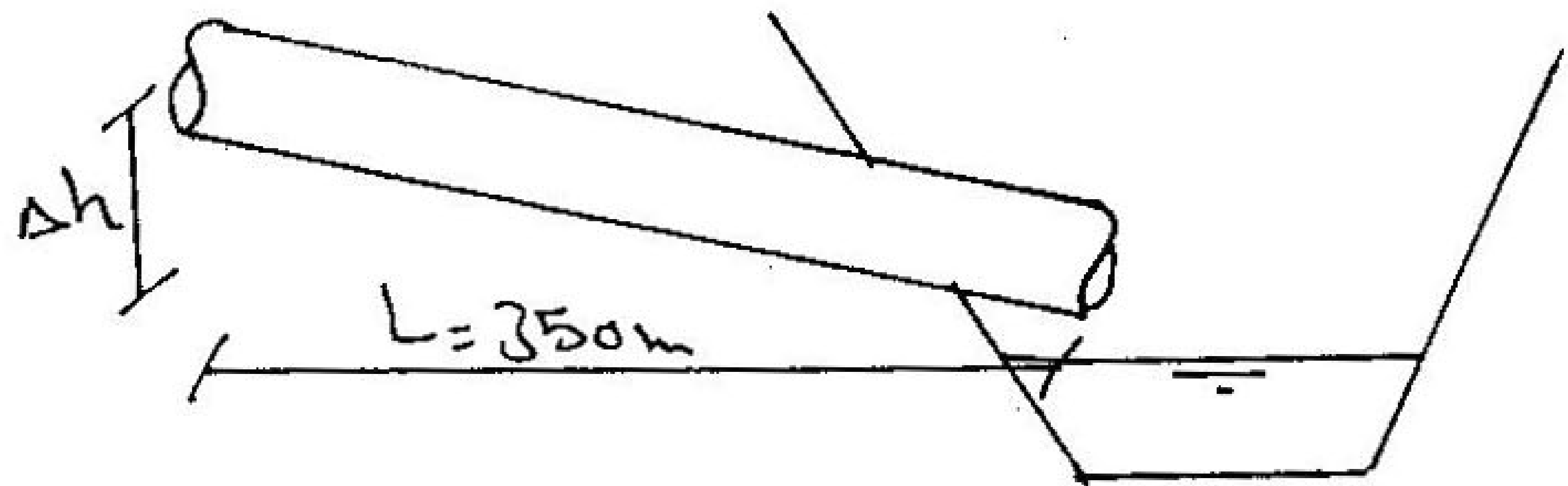
لا تستخدم مواسير Corrugated في النقل

<u>uniform - Smooth</u>

$$q_{BL} = F.S\ (50.3\ d^{2.714} * S^{0.572})$$

$$\frac{4*10^{-3} * 500 * 1000}{24*60*60} = 0.75\ (50.3 * 0.4^{2.714} * S^{0.572})$$

$$S = 1.87 * 10^{-4}$$




$$S = \frac{\Delta h}{L}$$

$$1.87 * 10^{-4} = \frac{\Delta h}{350}$$

$$\Delta h = 0.066\ m$$

$$6.6\ cm$$

# Final (2004)

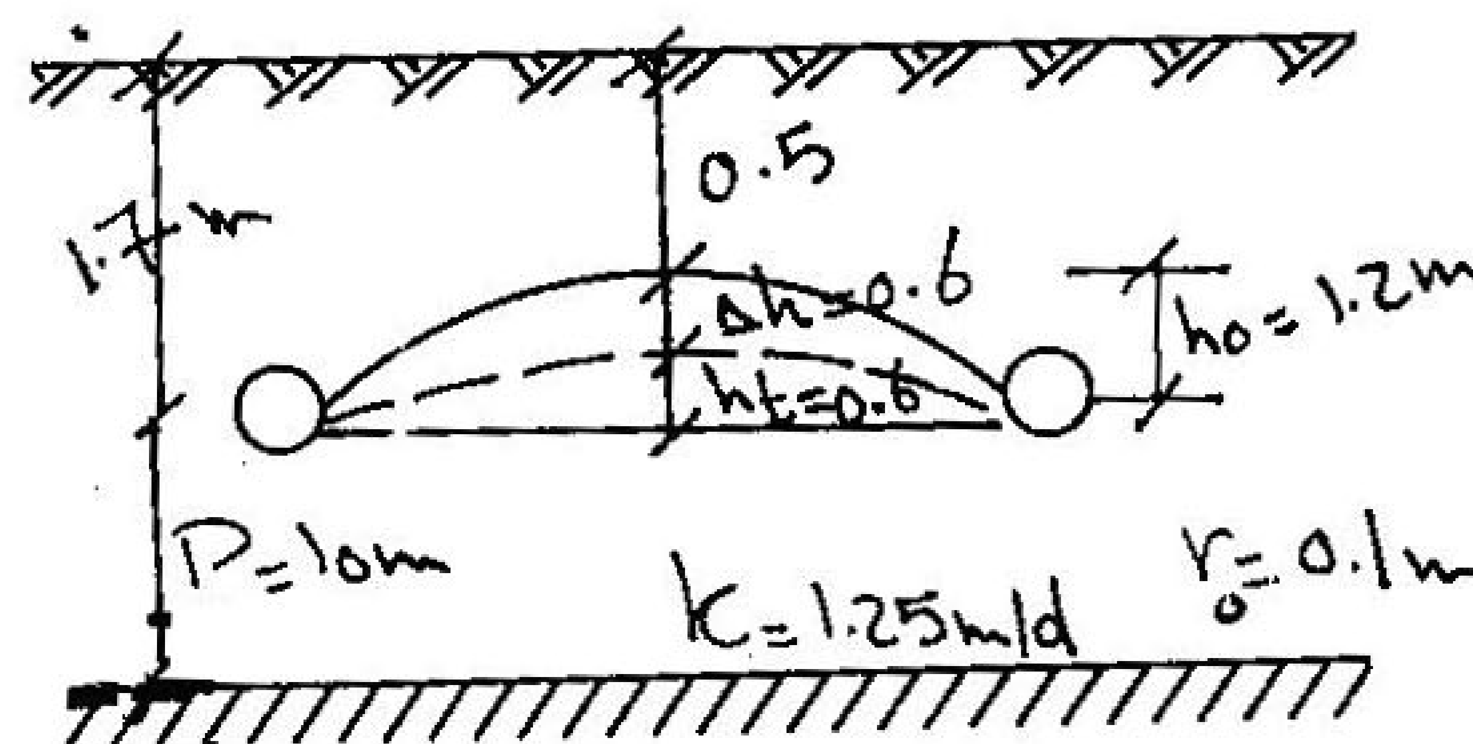
*Question No.3*

If the irrigation interval is 15 days and water table is recommended to be lowered by 0.6 m from its initial level midway drains (0.5 m from soil surface) before the next irrigation. The drain depth is 1.7 m and the radius of drain is 10 cm; soil characteristics are: Depth of impermeable layer 10 m from the pipe; hydraulic conductivity is 1.25 m/day and the drainable porosity is 7%. Calculate the spacing of the drainage system for this case using Amer or Kirkham equation.

Table (1) Values of Fk (Kirkham coefficient)

| $D/2r_o$ \ L/D | 20 | 15 | 10 |
|---|---|---|---|
| 64 | 3.68 | 3.055 | 2.43 |
| 32 | 3.459 | 2.834 | 2.209 |

irrigation interval = 15 day




$F_a = 0.07$

$$L = \frac{t \cdot k}{F_a \cdot F_k \ln\left(\frac{h_o}{h_t}\right)}$$

$$L = \frac{15 * 1.25}{0.07 * F_k \ln\left(\frac{1.2}{0.6}\right)} = \frac{386.4}{F_k}$$

$$L = \frac{386.4}{F_k}$$ #

$$D/2r_o = \frac{10}{2*0.1} = 50$$

| $L_{ass}$ | L/D | Fk | L cal. |
|---|---|---|---|
| 100 | 10 | 2.333 | 165.6 |
| 150 | 15 | 2.958 | 130.62 |
| 125 | 12.5 | 2.646 | 146.03 |

get (L) (130 → 150 m)

12.5 ↓ (between 15 and 10)

| L/D \ D/2r₀ | 20 | 15 | 10 |
|---|---|---|---|
| 64 | 3.68 | 3.055 | 2.43 |
| → 50 | 3.583 (x) | 2.958 (y) | 2.333 |
| 32 | 3.459 | 2.834 | 2.209 |

$$\frac{64-32}{64-50} = \frac{3.68-3.459}{3.68-x}$$

$$\frac{15-10}{15-12.5} = \frac{2.958-2.333}{2.958-y} \qquad y = 2.646$$

Final (2005)

Question No.2

a. What are the functions and kinds of drain envelops?

b. A corrugated plastic collector with a diameter 25 cm, a length 1000 m laid at negative slope 0.05% drains an area 500 m wide with discharge rate 10 mm/day. What will be the over-pressure at the upstream end of this collector if its capacity is to be set at 75% ?

Corrugated, Collector

$d = 0.25 m$

$L = 1000 m$ $S_p = 0.05\%$ (Negative)

$B = 500 m$ $q = 10 mm/d$

$F.S = 75\%$

$$qBL = F.S \left(38 \times d^{2.667} \times \bar{S}^{0.5}\right)$$

$$\frac{10 * 10^{-3} * 500 * 1000}{24 * 60 * 60} = 38 * 0.25^{2.667} * \bar{S}^{0.5}$$

$$\bar{S} = 3.77 * 10^{-3}$$

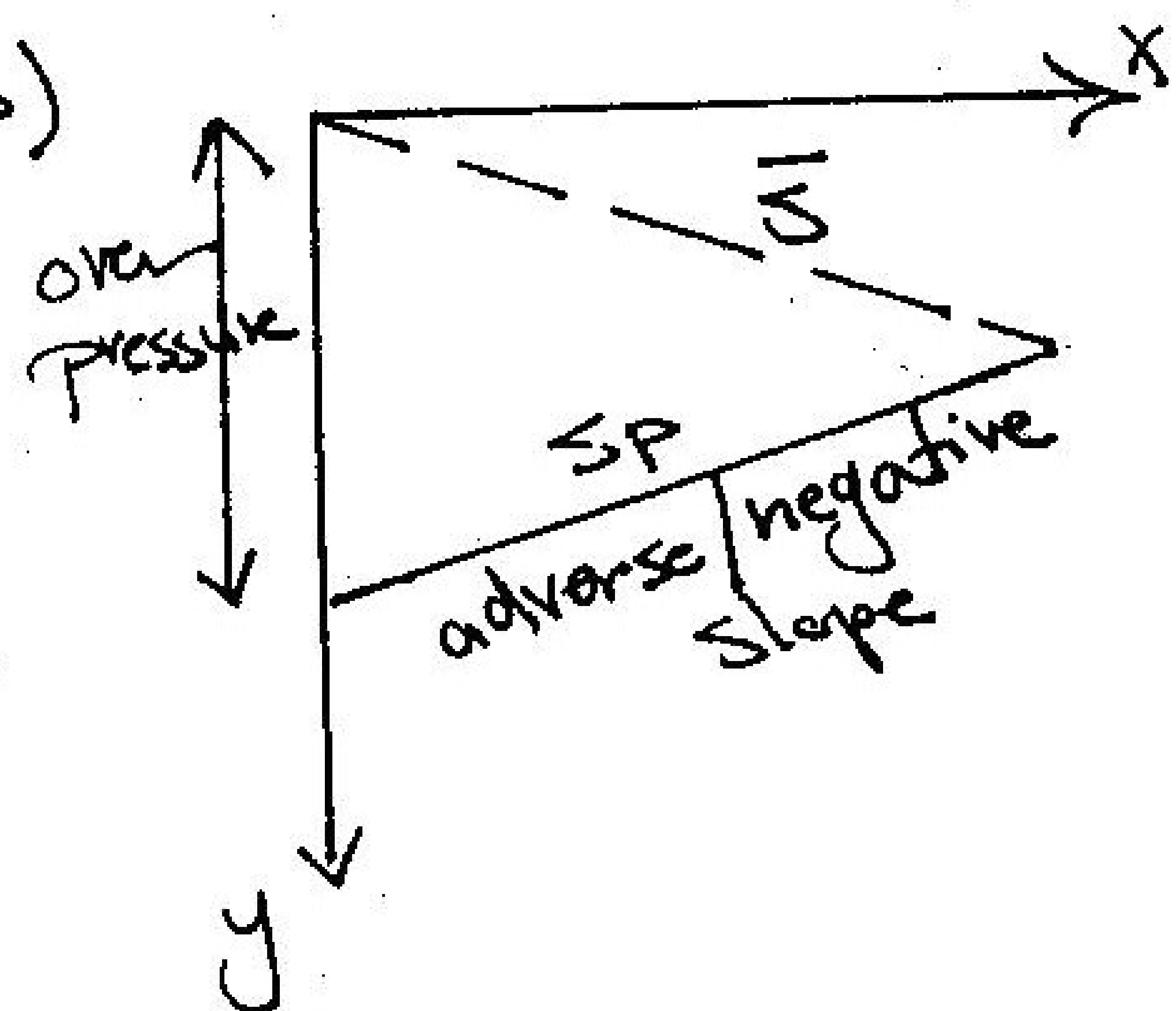
Negative نازل لأعلى

$$S_p = \frac{0.05}{100}$$

$$\text{overpressure} = L(\bar{S} + S_p)$$

$$= 1000\left(3.77 * 10^{-3} + \frac{0.05}{100}\right)$$

$$\text{overpressure} = 4.27 m$$



# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

3- Determine the drainage coefficient if the irrigation and conveyance coefficients are 0.85 and 0.95 respectively and the quantity of irrigation is 20mm/day, and its salinity is 320ppm. The salinity of soil should not exceed 2mmhos/sec. (8 Marks)

هام جداً

$q = ?$

irrigation effeciency = 0.85

Conveyance efficiency = 0.95

20 mm/d quantity of irrigation

$EC_{iw} = 320$ ppm

$EC_{dw} = 2$ mmhos/cm

$$q = C * R + \left[ \begin{matrix} P \\ \text{or} \\ L.R \end{matrix} \right] * (1 - C) * R$$

أيهما أكبر

C = Conveyance losses = 1 − 0.95 = 0.05

P = irr. losses = 1 − 0.85 = 0.15

$$L.R = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} * 100$$

$EC_{iw} = 320$ ppm

1 mmhos/cm = 640 ppm

$$EC_{iw} = \frac{1 * 320}{640} = 0.5 \text{ mmhos/cm}$$

$$L.R = \frac{0.5}{2} * 100 = 0.25 > P$$

$$q = 0.05 * R + 0.25 * (1 - 0.05) * R$$

$$q = 0.2875 R \ \#$$

$$R - q = 20 \text{ mm/d} \qquad R - q = \left(\frac{D}{F}\right)_{Cu}$$

$$R - 0.2875 R = 20$$

$$R = 28 \text{ mm/d}$$

$$q = 8 \text{ mm/d} \ \#$$

---

Zagazig University
Faculty of Engineering
W.-&-Water Str. Eng. Dept.

Irrigation Engineering
$2^{nd}$ year Civil Eng. Division

Final Term Exam
June, 2007
Time Allowed (1.5) hrs.

ملحوظة: الامتحان مكون من ثلاثة أسئلة للري ومطبوع على ورقة واحدة من وجهين

*Instructions*

Make your answers clear, concise and each question in a separate page. Assume any missing data.

**Question No. 1** **(15 degree)**

A). What is meant by Irrigation Efficiency? What are the main factors affecting it? State different kinds of irrigation efficiencies.

B) A discharge of 150 lit/sec was diverted from a canal, and 135 lit/sec were delivered to the field. An area of 5 feddans was irrigated in 12 hours the effective depth of root zone was 1.5m. The water losses in the field was 420 m. Available moisture holding capacity of the soil is 20cm per meter depth of soil. If irrigation starts when moisture extraction level reach 30% of the available moisture, determine:

1- Water conveyance efficiency. 2- Water application efficiency
3- Water storage efficiency

C) Design the irrigation frequency for a crop in a certain month considering the following data

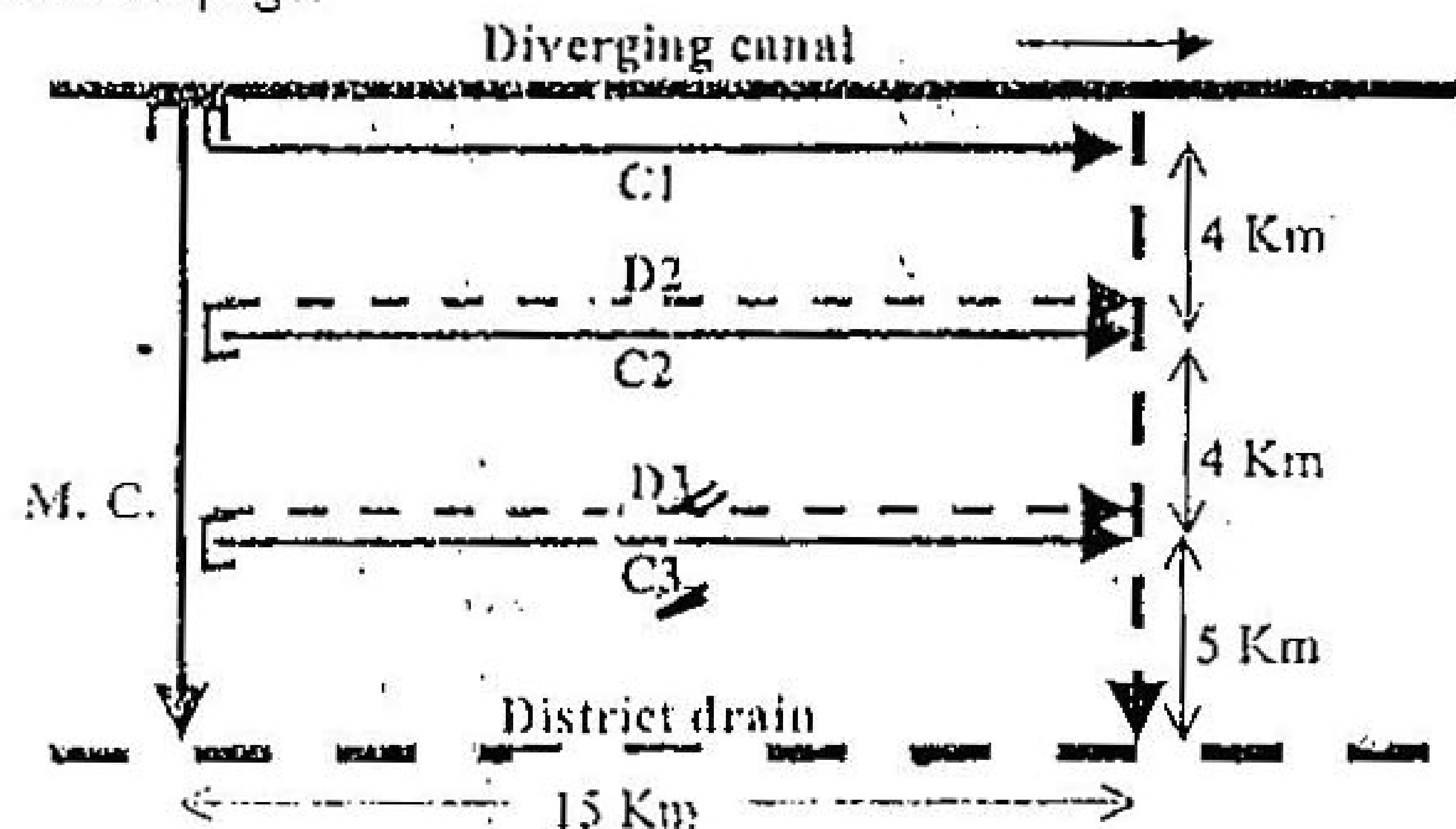
1-Average air temperature 25°,
2-Yearly day light hours =8.38%, and the crop coefficient =0.7,
3-FC =20%, WP =10%, $\gamma_b$ = 1.3gm/cm, root depth =70cm, and moisture level =75%.

**Question No. 2** **(15 degree)**

A) Show with neat sketches the method of canal and drains alignment of a new reclaimed area of a medium inclined land.

B) A main canal serves the area shown below. A two turn rotation system is used (7days working period) to irrigate 40% of the area served with Cotton crop and 55% of he area served as Sharaki. Allow 20% as a washing factor and 10% as conveyance losses. It is required to:

1- Calculate the field, distributary and main canal water duties.
2- Design the cross section of canal C3 and drain D3 to determine the water depth and bed slop. Where the mean velocity in canal v =0.6m/sec and in the drain is 0.5m/sec, bed width b=3.0m in the canal and b=2.0m in the drain, side slop 1:1 in the canal and 3:2 in the drain, and Manning coefficient n=0.025 for both canal and drain.
3- Draw the typical combined cross section of both the canal C3 and the drain D3 showing all details and dimensions. Take all bank widths 10m, external land slope2:1 and land level (10.00). Check the seepage.



# Final 2007

$Q_1$ (B)

$W_r$ = 150 lit/sec

$W_F$ = 135 lit/sec

A = 5 Feddan  t = 12 hr

d = 1.5 m  water losses = 420 $m^3$

Available moisture holding capacity of soil. 20 cm / 1 m depth

irrigation start M.L reach 30% of Available Moisture

Req.: $E_c$, $E_a$, $E_s$

1) Water Conveyance efficiency

$$E_c = \frac{W_F}{W_r} * 100 = \frac{135}{150} * 100 = 90\%$$

2) Water Application efficiency

$$E_a = \frac{W_s}{W_F} * 100$$

$$W_F = \frac{135 * 12 * 60 * 60}{1000} = 5832 \; m^3$$

(الفواقد ← 420)

$$W_s = 5832 - 420 = 5412\ m^3$$

$$E_a = \frac{5412}{5832} * 100 = 92.8\%$$

3) Water Storage Efficiency

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} * 100$$

Moisture holding    20 Cm → 1m

عمق الجذور منطقة الجذور    X → 1.5m

$$X = 30\ Cm$$

يبدأ الري عندما يصل محتوى الرطوبة إلى 30% من الرطوبة المتاحة .

:. احتياج النبات = 70%

Moisture required (need) = 0.7 * 30
= 21 Cm = 0.21 m

(مساحة بالفدان ← 5)

$$W_n = 0.21 * 5 * 4200 = 4410\ m^3$$

$$E_s = \frac{5412}{4410} * 100 = 122.7\%$$

(C) $t = 25°c$

$P = 8.38\%$

$k = 0.7$

$Fc = 20\%$

$W.p = 10\%$

$\gamma_b = 1.3 gm/cm^3$

$d = 70 cm$

$M.L = 75\%$

$$F = \frac{D}{Cu}$$

$$Cu = 4.57 \cdot k \cdot P(t + 17.8)/100$$

cm/month

$$D = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} * d * M.L\ (F.C - W)$$

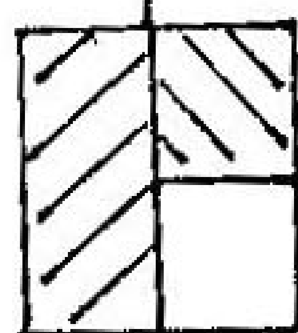
get F.

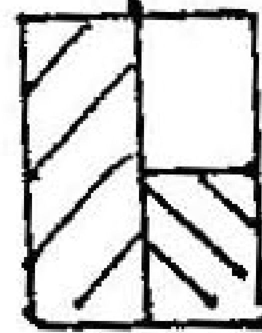
---

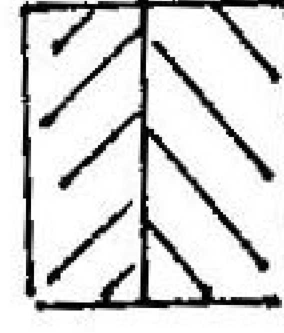
Q2 (B) 2 turn 7 day Wash 20%

| Cotton | Sharaki |
| --- | --- |
| 40% | 55% |
| 350 | 760 |
| 14–18 | 28–36 |

7 7 7 7 7



$$F.W.D = \left(\frac{0.4*350}{1*7} + \frac{0.55*760}{2*7}\right)*1.2 = __$$

$$(B.C)_{w.d} = 1.1 * F.W.D = __$$

$$(M.C)_{w.d} = \frac{1.1*(B.C)_{w.d}}{2} = __$$

**Canal $C_3$** [(نفس امتحان 99)]

Req. Y ?
S ?

$V = 0.6 m/s$

$b = 3m$

$z = 1$ , $n = 0.025$

$$A_s = \frac{5000 * 15000}{4200} = 17857.1 \text{ F}$$

$$Q = \frac{A_s * (BC)_{w.d}}{24*60*60} = __$$

$Q = A \cdot V$ ← 0.6 m/s

get $A = __$

$A = y(b + zy) = y(3 + 1*y)$

get (y)

From Manning get (S)

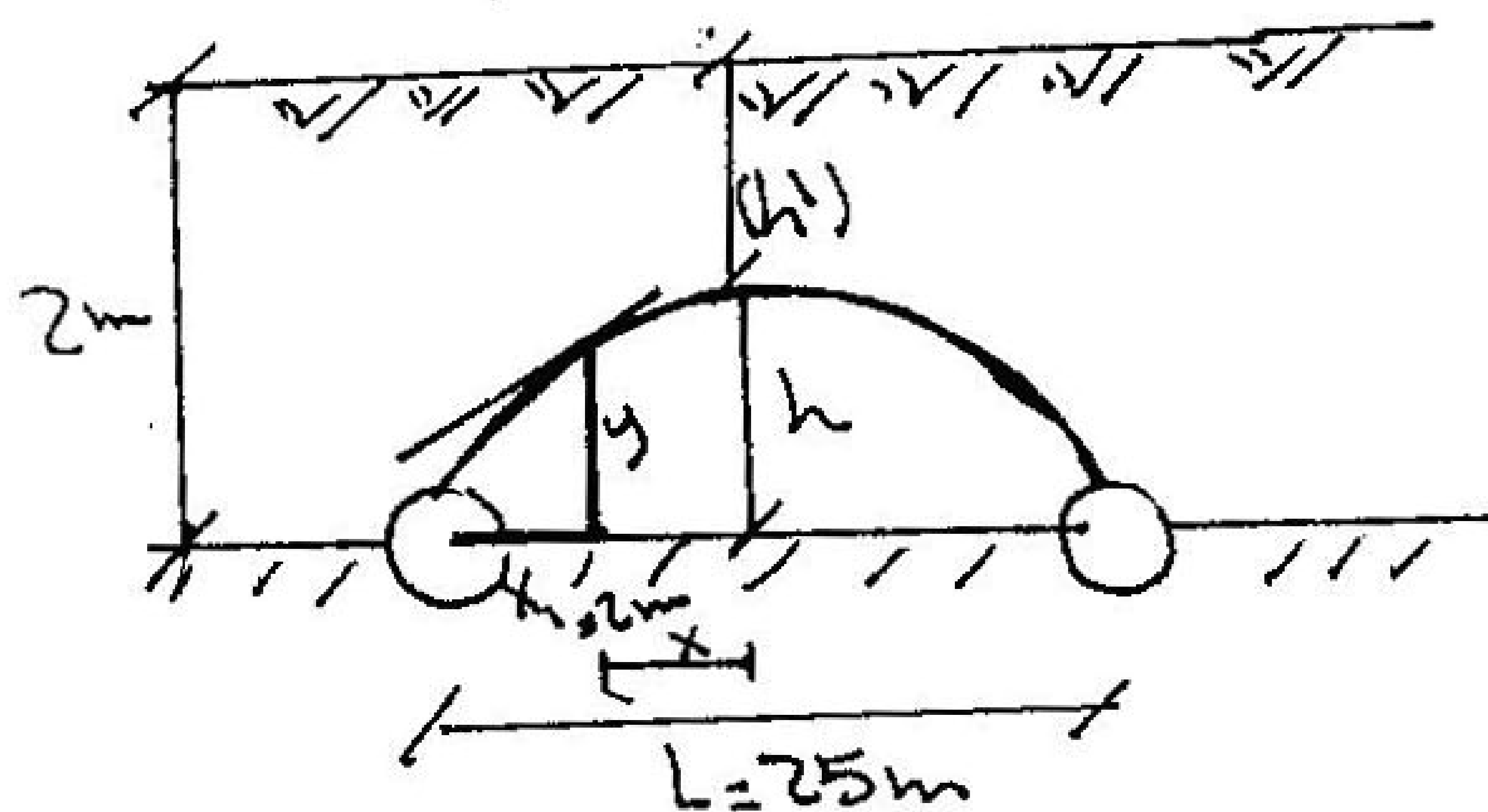
Final (2006), (2007)

3- Calculate the depth of water table below the soil surface, if the constant rate R= 12mm/day, the hydraulic conductivity K= 0.05m/hour, the drain spacing L= 25m, the depth of drains equal 2m, and the drain diameter equals 0.1m. Also, determine the slope of water table at distance of 2m from the drain. (Note: the drains are placed at the impermeable layer). (8 Marks)

$R = q = 12\ mm/d$

$k = 0.05\ m/hr$

$L = 25m \qquad d = 0.1m$




$(D = 0)$

$$L^2 = \frac{8kd_e h + 4kh^2}{q}$$

$D = 0 \qquad D/L < 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left(2.55 \ln \frac{D}{r_o} - 3.4\right)} = 0$$

تحويل ←

$$25^2 = \frac{4 * 0.05 * 24 * h^2}{12 * 10^{-3}}$$

$h = 1.25\ m$

$h' = 2 - 1.25 = 0.75\ m$ #

$x = 12.5 - 2 = 10.5\ m$

$$\frac{x^2}{(L/2)^2} + \frac{y^2}{h^2} = 1$$

$$\frac{(10.5)^2}{(12.5)^2} + \frac{y^2}{(1.25)^2} = 1$$

$y = 0.68\ m$

Slope of water table $= \tan^{-1} \frac{y}{x_1} = \frac{0.68}{2}$

$= 18.8^\circ$

---

Zagazig University
Faculty of Engineering
Water Engineering and Water Structures Department

Final Examination
(Second term 2006/2007)

Course: Irrigation & Drainage — Time Allowed: 3 hrs
(2nd year of Civil Eng.) — Date: 3/6/2007

Instructions: Answer all given questions. Assume any missing data reasonably.

الفرقة الثانية لائحة حديثة – تخلفات الفرقة الثالثة والرابعة (لائحة حديثة)
الفرقة الثانية لائحة سابقة – تخلفات الفرقة الثالثة والرابعة (لائحة سابقة).

## *Question No.1*

1- Define the drainage engineering science, and state three causes of water-logging. (2 Marks)

2- Calculate the depth of water table below the soil surface, if the constant rate R= 12mm/day, the hydraulic conductivity K= 0.08m/hour, the drain spacing L= 30m, the depth of drains equal 2m, and the drain diameter equals 0.15m. Also, determine the slope of water table at distance of 4m from the drain. (Note: the drains are placed at the impermeable layer). (6 Marks)

3- Find the pipe length used for lateral drains for both cement and corrugated PVC pipes with internal diameters 100. The drainage rate of 3 mm/day, drain spacing 35m and the pipe slope is 0.1%. (7 Marks)

## *Question No.2*

1- Explain how to determine the water requirements for leaching the saline soil? (4 Marks)

2- What are the different junctions of pipe used for the subsurface drainage system? (3 Marks)

3- Design a corrugated plastic collector drain with a slope of 0.1% and increasing diameters 100, 125, 150, 180 and 250mm, if the drainage coefficient is 4mm/day, the length of lateral in each side is 210m and the total length of the collector is 650m. Also, what is the drop in elevation for a pipe of diameter of 300mm to transport the flow of this area to a lake at 300m from the outlet? (8 Marks)

## *Question No.3*

1- What are the functions of filter which covered field drains, How to determine the grain size of filter, then state Terzaghi specifications for designing the inverted filter? (4 Marks)

2- Give a brief note about the plastic pipes which used for the subsurface drainage system. (3 Marks)

3- The water table height above drain level midway between drains was measured and also the corresponding discharge of the drain per unit area. The results were as follows;

| h (m) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.62 | 0.48 | 0.43 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| q (m/day)x$10^{-3}$ | 3.307 | 2.863 | 2.517 | 2.172 | 1.604 | 1.382 | 0.789 |

What are the hydraulic conductivity of the soil and the depth of impermeable layer below the drain if the drain spacing is 30m and the drain effective diameter is 0.20m. (8 Marks)

مع أطيب التمنيات بالنجاح والتوفيق

**The water table height above drain level midway between drains was measured and also the corresponding discharge of the drain per unit length. The results were as follows:**

| h (m) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.62 | 0.48 | 0.4 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $(Q \times 10^{-3})$ (liter/sec/m') | 1.34 | 1.16 | 1.02 | 0.88 | 0.65 | 0.56 | 0.32 |

**What are the hydraulic conductivity of the soil and the depth of impermeable layer below the drain if the drain spacing is 40 m and the drain effective diameter is 0.20 meter?**

Req.: K , D

**Solution**

(q) في معادلة (Hooghoudt) على الصورة $(q_{m/day})$ .

$$Q_{(m^3/day/m')} = \frac{Q_{(l/sec/m')} * 24 * 60 * 60}{1000}$$

$$Q = q \,.\, L \quad \Rightarrow \quad q_{(m/day)} = \frac{Q_{(m^3/day/m')}}{L\,(=40m)}$$

| h (m) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.62 | 0.48 | 0.4 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q*10^{-3}$ (l/sec/m') | 1.34 | 1.16 | 1.02 | 0.88 | 0.65 | 0.56 | 0.32 |
| $Q*10^{-3}$ ($m^3$/day/m') | 115.78 | 100.22 | 88.13 | 76.03 | 56.16 | 48.38 | 27.65 |
| $q*10^{-3}$ (m/day) | 2.89 | 2.51 | 2.2 | 1.9 | 1.4 | 1.21 | 0.69 |
| $(q*10^{-3})/h$ ($day^{-1}$) | 3.21 | 3.14 | 3.14 | 3.06 | 2.92 | 3.03 | 2.76 |

$$L^2 = \frac{8\,K\,d_e\,h + 4\,K\,h^2}{q} \qquad \text{Hooghout}$$

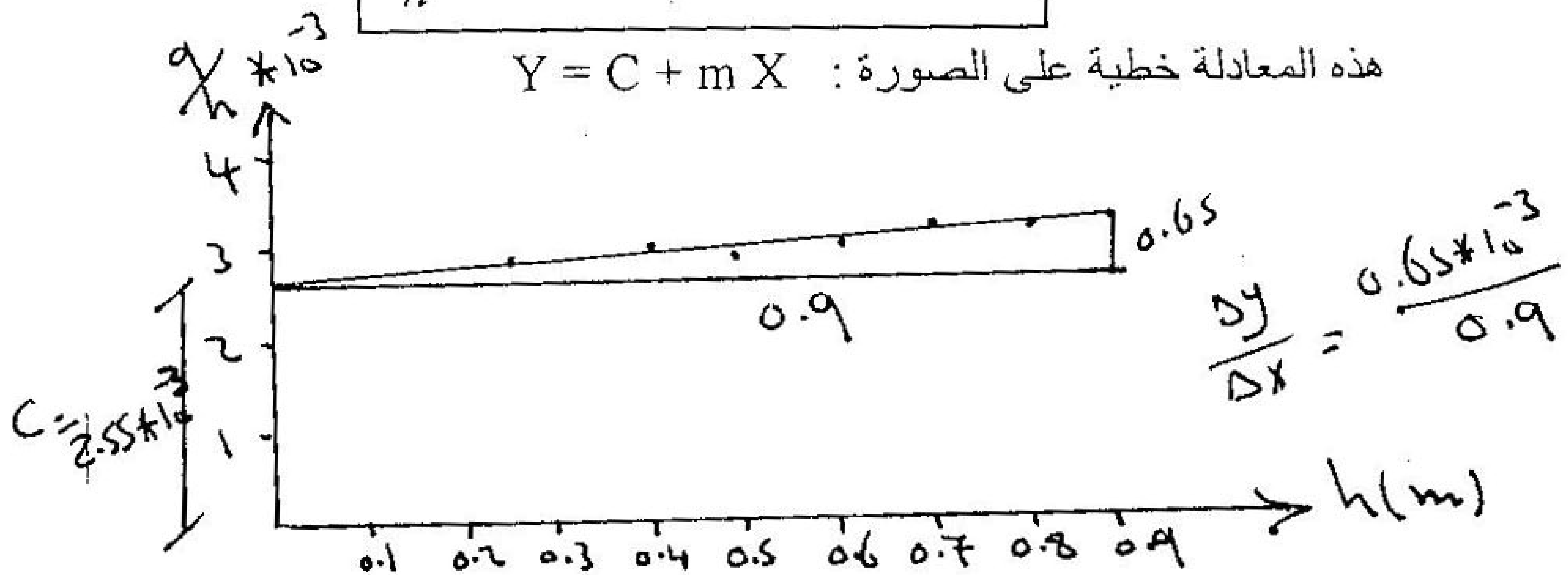
$$q = \frac{8\,K\,d_e\,h + 4\,K\,h^2}{L^2}$$

$$\frac{q}{h} = \frac{8\,K\,d_e + 4\,K\,h}{L^2}$$

$$L^2 = 40^2$$

$$\boxed{\frac{q}{h} = 0.005\,K\,d_e + 0.0025\,K\,h}$$

هذه المعادلة خطية على الصورة : $Y = C + m\,X$




$C$ = constant = $0.005\,K\,d_e$

$m = 0.0025\,K$ = Slope = $\tan\theta$

$$\tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.65*10^{-3}}{0.9} = 0.0025\,K$$

$$\boxed{\therefore K = 0.289 \quad \text{m/day}}$$

$$0.005\,K\,d_e = 2.55 * 10^{-3} \quad \rightarrow \quad d_e = 1.76 \quad \text{m}$$

**Assume $D/L \le 0.3$**

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55\,\ln\frac{D}{r_o} - 3.4\right]}$$

$$d_e = 1.76 = \frac{D}{1 + \frac{D}{40}\left[2.55 \ln\frac{D}{0.1} - 3.4\right]}$$

| $D_{ass.}$ | D/L | $d_e$ |
|---|---|---|
| 1 | 0.025 | 0.9418 |
| 2 | 0.05 | 1.65 |
| 2.5 | 0.0625 | 1.9223 |
| 2.3 | 0.0575 | 1.8193 |
| 2.2 | 0.055 | 1.7649 |

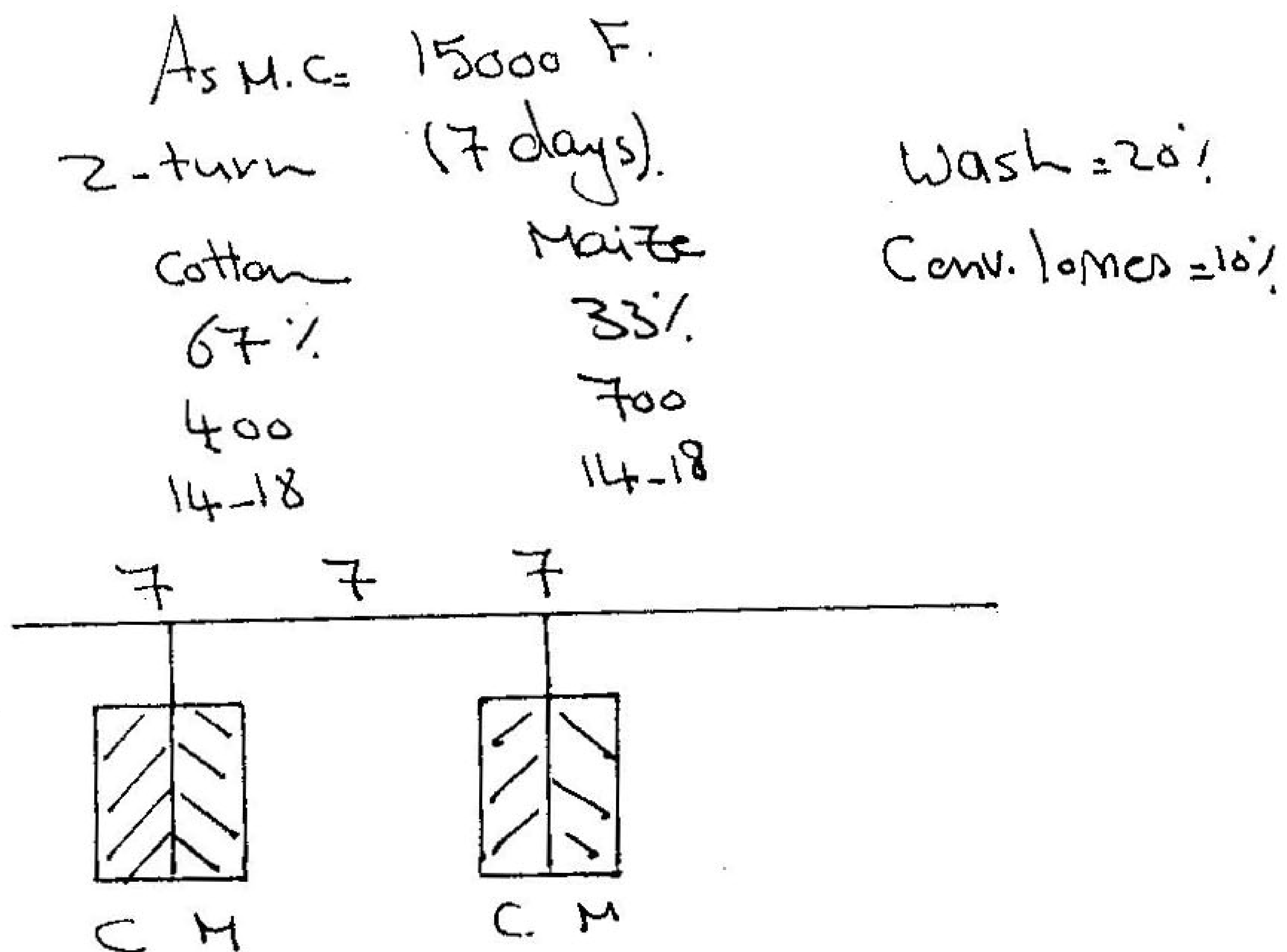
$\therefore$ D = 2.2 m

30-A main canal serves area of 15000 fed. is divided equally between three canals A, B, and C. The area served by A is cultivated by maize (needs 700m$^3$/fed/application). The area served by B, C cultivated by cotton (needs 400m$^3$/fed/application). Using two turn rotation (7days working period and 7days closing period) and assuming the conveyance efficiency 90% and the washing requirements 20% calculate:

a) Water duty of the field and the distributor canals A, B, and C.

b) Water depth in the main canal if the allowable velocity 0.7m/sec, the bed width 6m, the side slopes 1:1, bed slope 10cm/km, and Maninng coefficient 0.025.

c) Diameter of the pipe of the intake of canal (A) if its length 20m, and the friction coefficient of pipe material 0.005.




$$F.W.D = \left(\frac{0.67*400}{1*7} + \frac{0.33*700}{1*7}\right)*1.2 = 85.5\ m^3/F/d$$

$$(B.C\ W.D) = 1.1*85.5 = 94.1\ m^3/F/d$$

$$(M.C\ W.D) = \frac{1.1*94.1}{2} = 51.7\ m^3/F/d$$

$$Q_{M.C} = \frac{A_s * WD}{24*60*60}$$

$$Q_{M.C} = \frac{15000 * 51.7}{24*60*60} = 8.9\ m^3/s$$

2) Req.: (y)

$V = 0.7\ m/s$

$b = 6\ m$

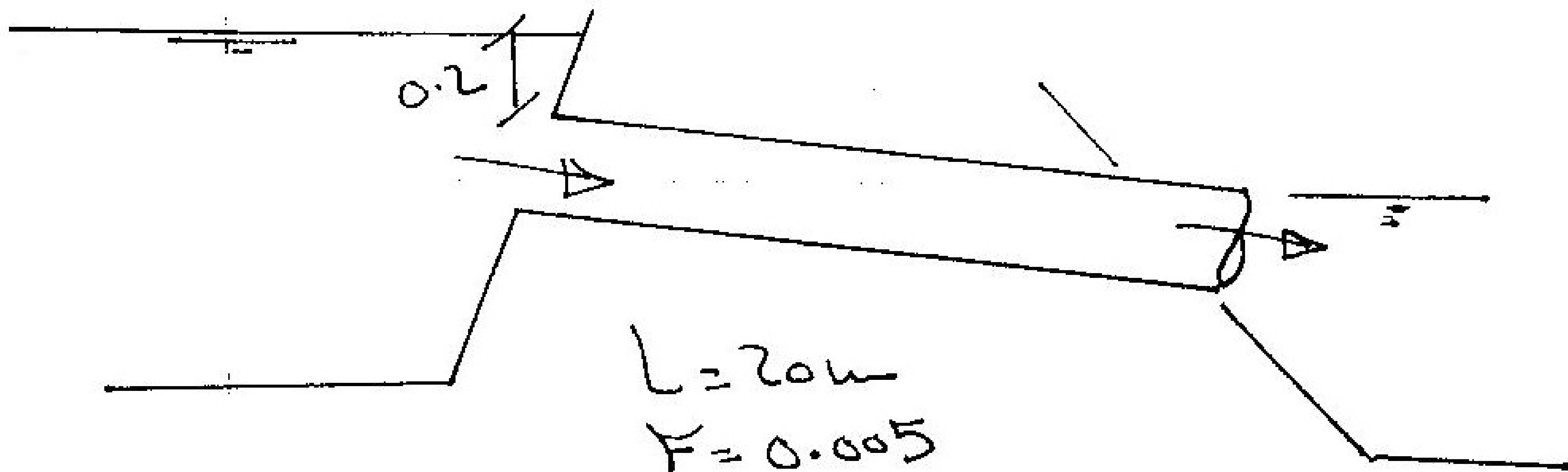
$Z = 1$

$S = 10*10^{-5}$

$n = 0.025$

$$V = 1/n \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

get (y)




$$Q_A = \frac{5000*94.1}{24*60*60} = 5.4\ m^3/s$$

Assume $V_p = 1.5\ m/s$

$$A_p = \frac{Q_A}{V_p} = \frac{5.4}{1.5} = 3.6\ m^2$$

$$A_p = 3.6 = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$d = 2.1\ m \simeq 2\ m$$

$$H_L = \left(1.5 + \frac{4FL}{d}\right)\frac{V^2}{2g}$$

0.5 entrance losses

1 exit losses

$$H_L = \left(1.5 + \frac{4*0.005*20}{2}\right)\frac{1.5^2}{2*9.81}$$

$$H_L = 0.19\ m$$

take The pipe submergence = 20 Cm

---

28

م
٦٥٠

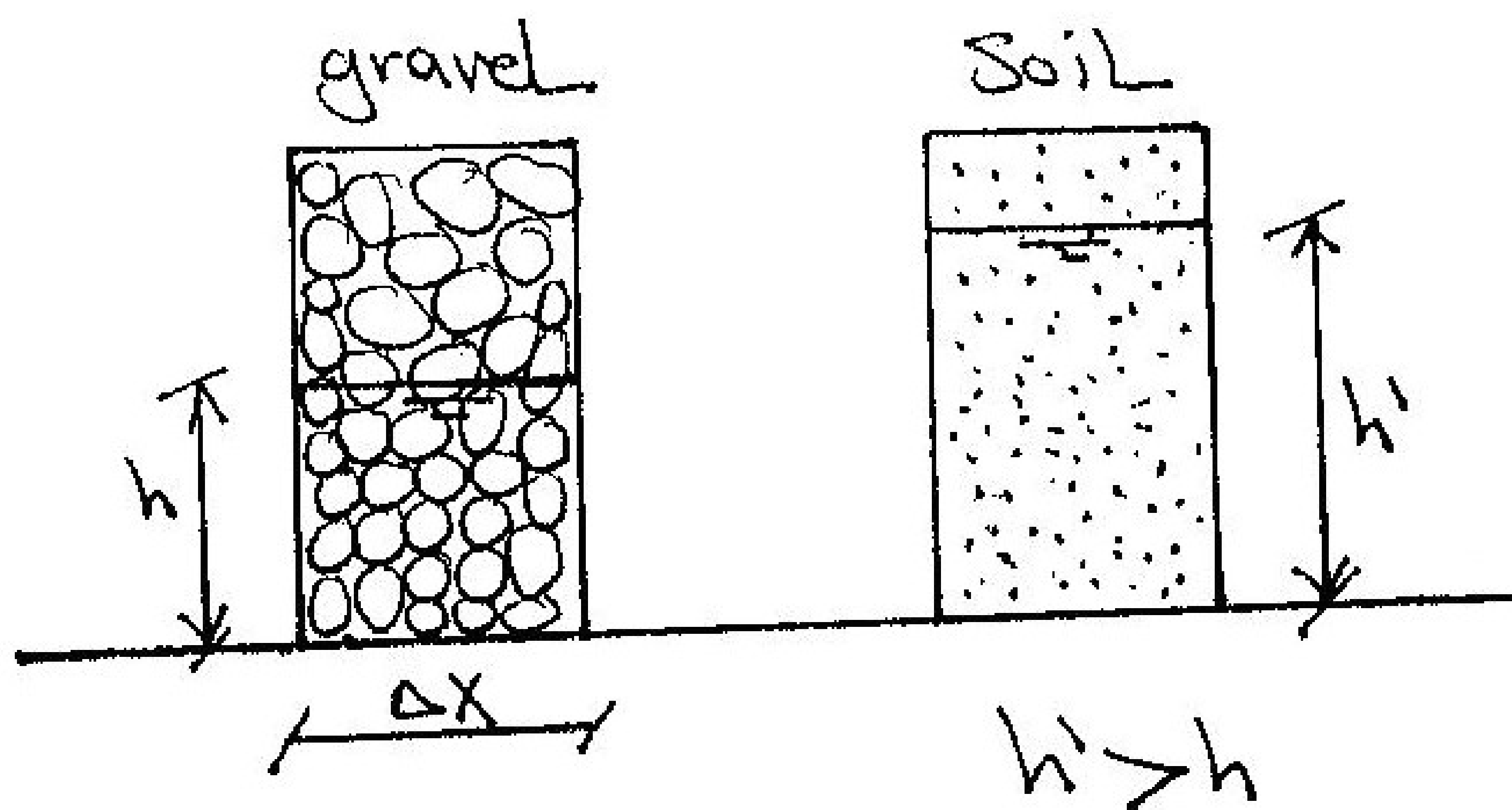
# Irrigation & Drainage Engineering

2nd year Civil Engineering

الفرقة الثانية مدني

No. 8 صرف

## Kirkham Correction Factor




$h' > h$

$$\Delta Q_1 = \Delta Q_2$$

$$\downarrow \Delta Q = q \cdot \Delta X \rightarrow (1)$$

$$\downarrow \Delta Q = k \frac{(h' - h)}{h'} \Delta X \rightarrow (2)$$

From (1) & (2)

$$q \cdot \Delta X = k \frac{(h' - h)}{h'} \Delta X$$

$$q = \frac{kh' - kh}{h'} = \frac{k - k\frac{h}{h'}}{1}$$

$$k \frac{h}{h'} = k - q$$

$$h' = \frac{kh}{k - q} = \frac{h}{1 - q/k}$$

$$\boxed{h' = h * \frac{1}{1 - q/k}} \quad \text{or} \quad \boxed{h = h'(1 - q/k)}$$

Correction Factor $(1 - q/k)$

$$L = \frac{kh}{q} \cdot \frac{1}{F_k}$$

$$L = \frac{kh'}{q} \cdot \frac{1 - q/k}{F_k}$$

| |
|---|
| $h = \frac{q \cdot L}{k} \cdot F_k$ |
| $h' = \frac{q \cdot L}{k} \cdot \frac{F_k}{1 - q/k}$ |

Deduce the general equation for designing pipes for transporting and dewatering cases.

1) Transporting (uniform) Case

Smooth pipe

$$h_L = \frac{F.L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$ darcy equ.

$$F = a\, R_n^{-b} \qquad \left( R_n = \frac{v.d}{\nu} \quad \text{عدد رينولدز} \right)$$

$$F = a\left(\frac{v.d}{\nu}\right)^{-b}$$

$$h_L = \frac{a\left(\frac{v.d}{\nu}\right)^{-b} . L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{h_L}{L} = S' = \frac{a\left(\frac{v.d}{\nu}\right)^{-b}}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$S' = \frac{a . v^{2-b}}{\nu^{-b} . d^{1+b} . 2g}$$

$$v^{2-b} = \frac{S' . d^{1+b} . 2g . \nu^{-b}}{a}$$

$$v = \left(\frac{S . d^{1+b} . 2g\, \nu^{-b}}{a}\right)^{1/2-b} \longrightarrow (1)$$

$$Q = A . v = v . \frac{\pi}{4} d^2$$

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} \longrightarrow (2)$$

scanner by : mahmoud ashraf
titanic_ship1912@yahoo.com

$$\frac{4Q}{\pi d^2} = \left( \frac{S \cdot d^{1+b} \cdot 2g}{a\, \nu^b} \right)^{1/2-b}$$

$$\left( \frac{4Q}{\pi d^2} \right)^{2-b} = \frac{S \cdot d^{1+b} \cdot 2g}{a\, \nu^b}$$

$$S = a\, \nu^b \left( \frac{4Q}{\pi d^2} \right)^{2-b} \cdot \frac{1}{d^{1+b} \cdot 2g}$$

$$S = \frac{a\, \nu^b}{2g} \left( \frac{4}{\pi} \right)^{2-b} \cdot \frac{Q^{2-b}}{d^{5-b}}$$

↓ constant c

$$S = C \frac{Q^{2-b}}{d^{5-b}}$$

$2-b = B$

$5-b = \alpha$

$$S = C\, Q^B\, d^{-\alpha}$$

For Smooth

$a = 0.4$ $b = 0.25$ $B = 1.75$ $\alpha = 4.75$

$\nu = 1.31 * 10^{-6}\ m^2/sec$ at $10^0 C$

$$Q = C^{-1/B}\, d^{\alpha/B}\, S^{1/B}$$

(Constant) بالتعويض فى $C^{-1/B} = 50.3$

$$Q = 50.3 \cdot d^{2.714} \cdot S^{0.572}$$

## Corrugated pipe

Manning equ

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

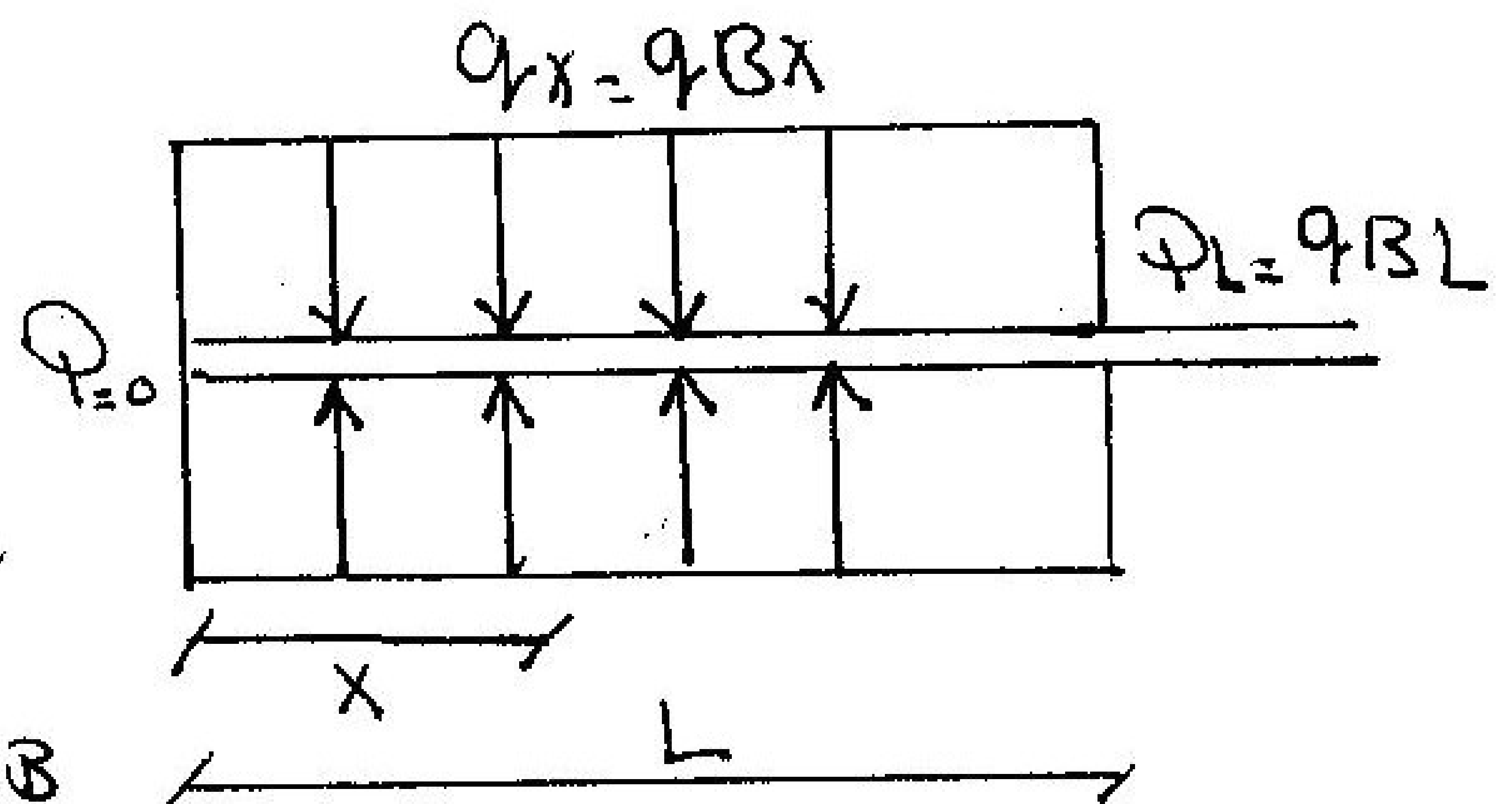
$$1/n = 70$$

$$Q = 70 \frac{(\pi d^2/4)^{5/3}}{(\pi d)^{2/3}} S^{0.5}$$

$$\boxed{Q = 21.8 \cdot d^{2.667} \cdot S^{0.5}}$$

---

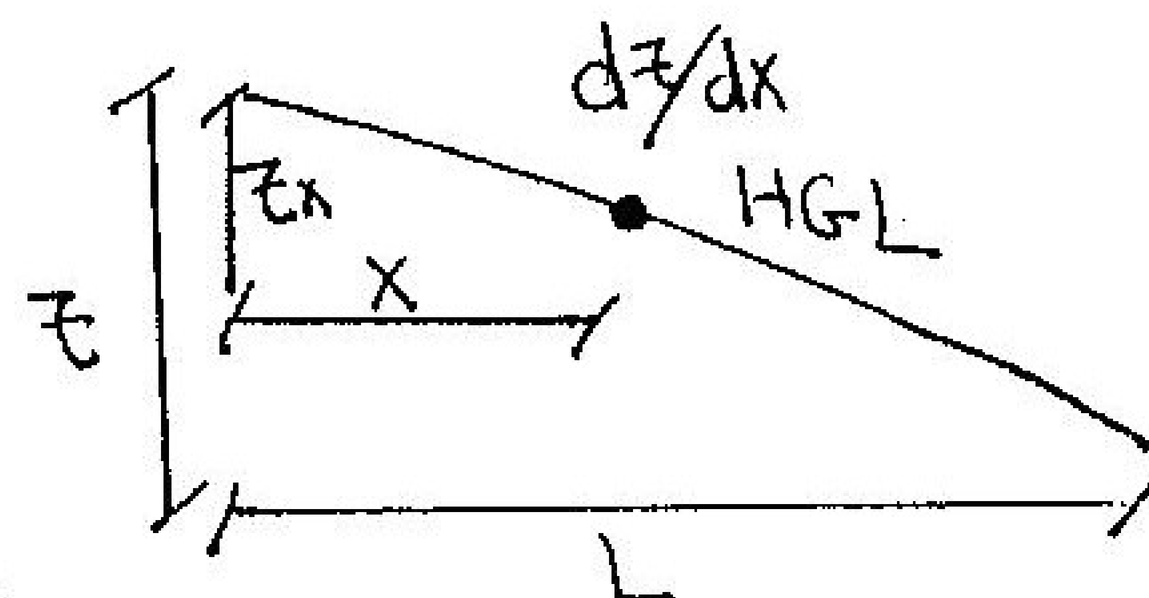
## 2) Dewatering (Non Uniform) Case




$$S = C Q^{B} d^{-\alpha}$$

$$\frac{dz}{dx} = C (qBx)^{B} \cdot d^{-\alpha}$$

$$\frac{dz}{dx} = C (qB)^{B} \cdot d^{-\alpha} \cdot x^{B}$$




$$dz = C (qB)^{B} \cdot d^{-\alpha} x^{B} \cdot dx$$

$$z_x = C (q \cdot B)^{B} \cdot d^{-\alpha} \frac{x^{B+1}}{B+1} + C$$

At $x = 0$ $\tau = 0$ $\therefore C = 0$

$$\tau_x = \frac{c}{B+1} * (q \cdot B x)^{B} \cdot X \cdot d^{-\alpha}$$

$$\boxed{\tau_x = \frac{c}{B+1} (Q_x)^{B} \cdot X \cdot d^{-\alpha}}$$

At $\tau_x = \tau$ $X = L$

$$\tau = \frac{c}{B+1} (Q_L)^{B} \cdot L \cdot d^{-\alpha} \div L$$

$$S = \frac{\tau}{L} = \frac{1}{B+1} \cdot c \cdot Q_L^{B} \, d^{-\alpha}$$

$$S^{1/B} = (B+1)^{-1/B} \cdot c^{1/B} \cdot Q_L \, d^{-\alpha/B}$$

$$\boxed{Q_L = (B+1)^{1/B} \, c^{-1/B} \, d^{\alpha/B} \, S^{1/B}}$$

$$\boxed{Q_{dewatering} = (B+1)^{1/B} \, Q_{transporting}}$$

Smooth $B = 1.75$ $(B+1)^{1/B} = 1.78$

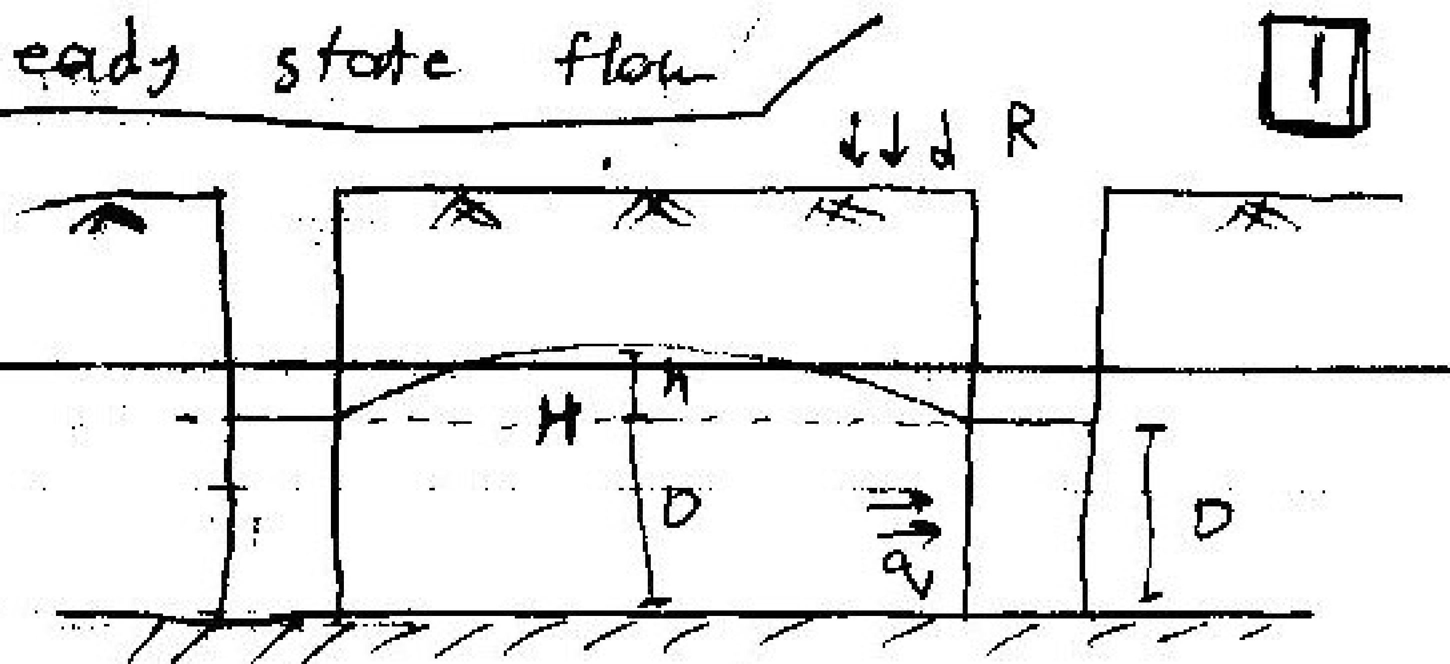
Corrugated $B = 2$ $(B+1)^{1/B} = 1.73$

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Smooth} \quad Q = 89 \cdot d^{2.714} \cdot S^{0.572} \\ \text{Corrugated} \quad Q = 38 \cdot d^{2.667} \cdot S^{0.5} \end{array}}$$

**★ Donan equation** — steady state flow 

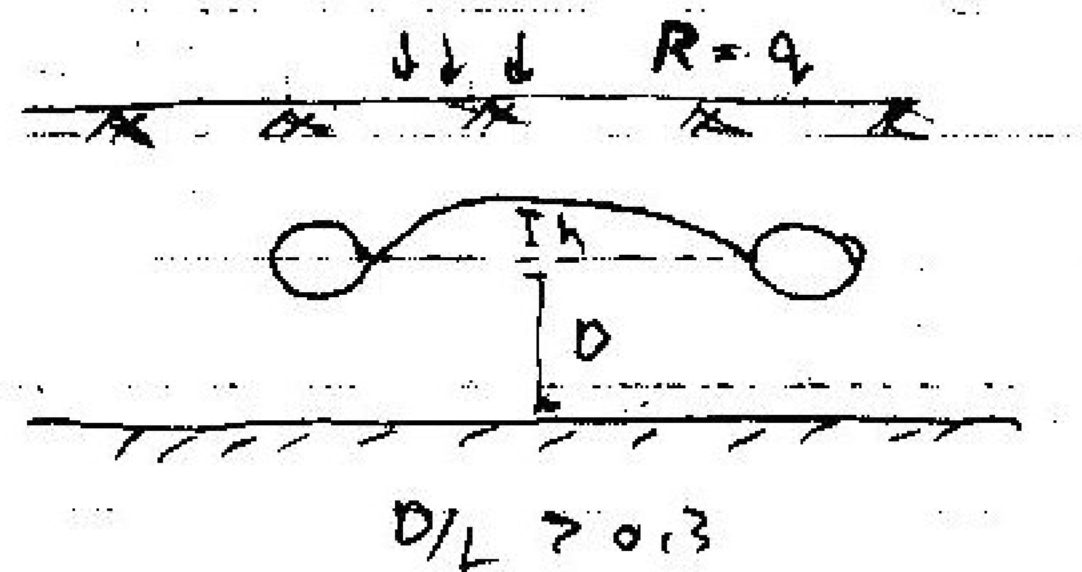
$$L^2 = \frac{4K(H^2 - D^2)}{R}$$

$$L^2 = \frac{8K_b D \cdot h + 4K_a h^2}{R}$$




**★ Hooghoudt equation**

$$L^2 = \frac{8K_b\, d_e \cdot h + 4K_a h^2}{q}$$




$D/L < 0.3$      $D/L > 0.3$

$$d_e = \frac{D}{1 + \frac{D}{L}\left[2.55 \ln \frac{D}{r_0} - 3.4\right]} \qquad d_e = \frac{L}{2.55\left[\ln \frac{L}{r_0} - 1.15\right]}$$

**★ Kirkham equation**

$\frac{D}{L} > 0.25$

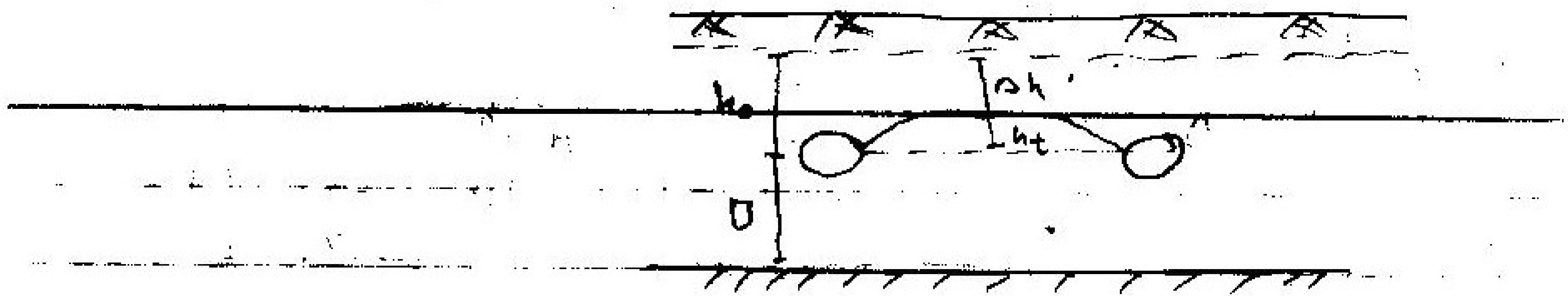
$$L = \frac{K_b \cdot h}{q} \times \frac{1 - q/K_a}{F_K} \qquad F_K = \frac{1}{\pi} \ln \frac{L}{\pi r_0}$$

**★ Ernst equation**

$$h = h_v + h_h + h_r + h_e$$

$$h = \frac{q \cdot D_v}{K_v} + \frac{q\, L_h^2}{8\Sigma(KD)_h} + q\frac{L}{\pi K_r} \ln \frac{a D_r}{U} + \frac{\alpha}{K_f} \cdot Q$$

## Non-steady state flow




**Glover**

$$L = \pi \left[\frac{t \cdot d_e \cdot K}{f_a}\right]^{1/2} \left[\ln\left(1.27 \frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-1/2} \quad \frac{D}{L} < 0.1$$

**Glover-Dumm**

$$L = \pi \left[\frac{t \cdot d_e \cdot K}{f_a}\right]^{1/2} \left[\ln\left(1.16 \frac{h_o}{h_t}\right)\right]^{-1/2} \quad \frac{D}{L} > 0.1$$

$$R = \Delta h \cdot f_a$$

net deep percolation ← $R$; $\Delta h = h_o - h_t$; $f_a$ → drain porosity of soil

**Jan van Schilfgaarde**

$$L = 3 \left[\frac{tK (d_e + h_t)(d_e + h_o)}{2 f_a (h_o - h_t)}\right]^{1/2} \left[1 - \frac{d_e}{d_e + h_o}\right]^{1/2}$$

$$L = 3 \left[\frac{t \cdot d_e K}{f_a}\right]^{1/2} \left[\ln \frac{h_o (d_e + h_t)}{h_t (d_e + h_o)}\right]^{-1/2}$$

**Amer and luthin**

$$\frac{D}{L} \leq 0.25 \qquad L = \frac{t \cdot K}{f_a \cdot f_K \ln (h_o / h_t)}$$

$$\frac{D}{L} > 0.25 \qquad L = \frac{\pi \cdot t \cdot K}{f_a \ln (L/\pi r_o) \ln (h_o / h_t)}$$

$$Q = \frac{K_1 (B + 2d)}{3.5}$$ مقدار الرشح من القناه

$$t = \frac{\pi K_2 f_a y^2 (D + \frac{y}{2})}{Q^2}$$

التحكم في الرشح

$$R = \frac{X (H_1^2 - D^2)}{(H_1^2 - H_2^2)}$$

$$Q = \frac{K_2 (H_1^2 - H_2^2)}{2X} = \frac{K_2 (H_1^2 - D^2)}{2R}$$

تقسيم مواسير الصرف

smooth → wesseling – uniform 50.3, non-uniform 89 $\{F_s (d^{2.714} S^{0.571})\}$

corrugated → manning – uniform 21.82, non-uniform 38 $\{F_s (d^{2.667} S^{0.5})\}$

$$Q = q \cdot B \cdot L$$

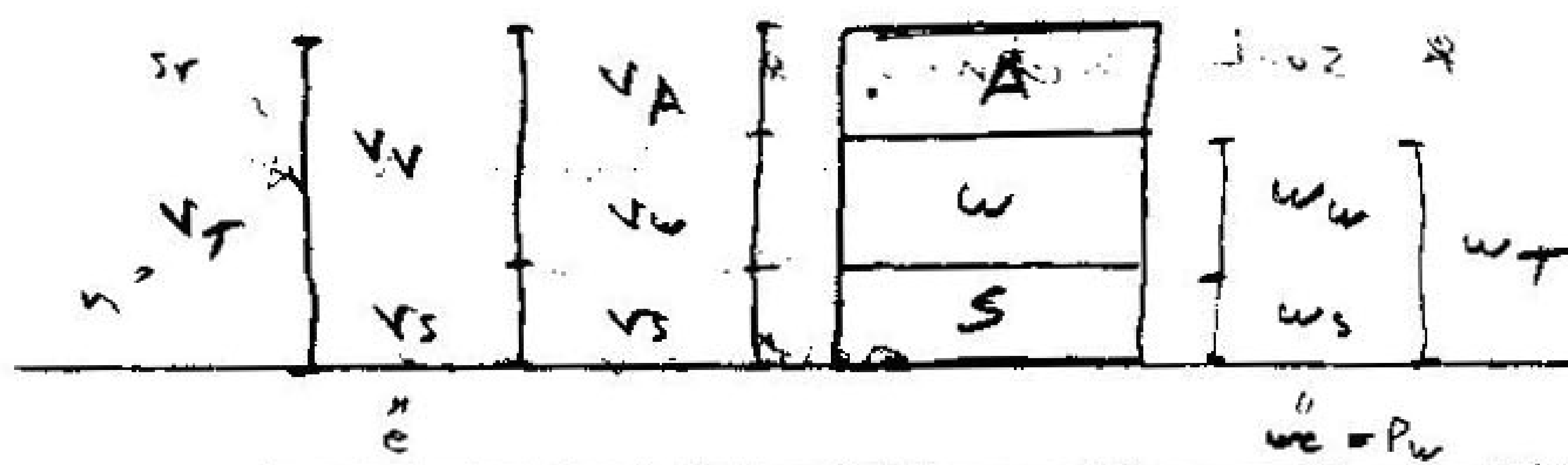
$d \leq 15$ cm $\quad F_s = 60\%$

$d > 15$ cm $\quad F_s = 75\%$

Reduction factor

$P = 0.85$ ماصورتين

$P = 0.75$ اكثر من ماصورتين




Real specific gravity = particale density , الكثافة النسبية الحقيقية للتربة

النسبة بين: وزن وحدة الحجوم من حبيبات التربة الجافة مندمجة فراغات / وزن وحدة الحجوم من الماء عند درجة حرارة 4°C

$$R_s = G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s / V_s}{\gamma_w} \approx 2,65$$

Apparent specific gravity = Bulk density , الكثافة النسبية الظاهرية للتربة

النسبة بين: وزن وحدة الحجوم من حبيبات التربة الجافة بالفراغات / وزن وحدة الحجوم من الماء

$$A_s = \frac{\gamma_b}{\gamma_w} = \frac{W_s / V_T}{\gamma_w} = \frac{W_s / (V_V + V_s)}{\gamma_w}$$

Dry Bulk density , الكثافة الكلية الجافة

النسبة بين: وزن حبيبات التربة / الحجم الكلي للتربة بالفراغات

$$\gamma_{b\,dry} = \frac{W_s}{V_T} = \frac{W_s}{V_V + V_s}$$

wet Bulk density , الكثافة الكلية الرطبة

النسبة بين: وزن التربة الكلية / حجم التربة الكلية

$$\gamma_{b\,wet} = \frac{W_T}{V_T}$$

$$n = 1 - \frac{A_s}{R_s} \qquad e = \frac{R_s}{A_s} - 1$$

1

# * soil wetness *

* dry - weight basis — على اساس وزن الماء

$$P_w = \frac{W_w}{W_s}$$ وزن الماء الموجود بالتربة / وزن التربة الجافة

* volume basis — على اساس حجم الماء

$$P_v = \frac{V_w}{V_T}$$ حجم الماء الموجود بالتربة / حجم التربة الكلي

$$P_v = P_w \times A_s$$

* depth basis — على اساس عمق الماء

عمق مكافئ للماء d داخل التربة D وعمق A

$$d = \frac{D \cdot P_v}{100} = \frac{D \cdot P_w \cdot A_s}{100}$$

- الخاصية الشعرية

$$h = \frac{2\gamma \cos\theta}{\gamma \cdot r}$$

$$F = \frac{d}{Cu} \Leftarrow dB = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} D \, ML (F_c - W_p)$$

$$u = 191 \; \frac{KP(t + 17.8)}{100}$$ m³/fed/month

Blaney - criddle eq. $$u = 4.57 \; \frac{KP(t + 17.8)}{100}$$ cm/month

Greeve's equ $$u = 180 \; Kt \; cd$$

Thorn th waite equ $$u = K_c \; PE_t$$

$$PE_t = 1.6 \; L_d \left(\frac{10t}{I}\right)^a$$

$$I = \sum_1^{12} i \qquad i = (0.2t)^{1.514}$$

$$a = 0.000000675 \; I^3 - 0.0000771 \; I^2 + 0.0179 \; I + 0.49239$$




$E_c = \frac{w_f}{w_r}$ convenance

$E_a = \frac{w_s}{w_f}$ application

$E_u = \frac{w_u}{w_f}$ use

$E_s = \frac{w_s}{w_n}$ storage

$E_d = \left(1 - \frac{y}{d}\right)$ distribution

| المحصول | F.W.D | الفترة بين الريات |
| --- | --- | --- |
| ارز | 420 | 8 → 10 |
| قطن | 350 | 14 → 18 |
| ذرة | 350 | 14 → 16 |
| برسيم | 760 | 28 → 36 |

ومرحلي ×1.1

- $F.W.D = \dfrac{\text{الاحتياج المائي للمحصول} \times \text{نسبة الارض المزروعة}}{\text{عدد ساعات الري} \times \text{عدد ايام العمالة}}$

- $W.D_{distributing\ canal} = 1.1 \times F.W.D$

$Q_{distributing\ canal} = \dfrac{W.D_{D.C} \cdot \text{Area served}}{24 \cdot 60 \cdot 60}$

- $W.D_{main\ canal} = 1.1\ W.D_{DC} \ / \ 2 \to 3$

$1.21\ F.W.D \ / \ 2 \to 3$

$Q_{main\ canal} = 1.1\ Q_{D.C}$

٣

$V = C\, R^{1/2}\, S^{1/2} \times 10^{-3}$ — Chezy eqn

$R = \frac{A}{P}$

$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \times 10^{-3}$ — Manning eqn

40 canal, 33 drain

**Buckly**

<u>canal</u>

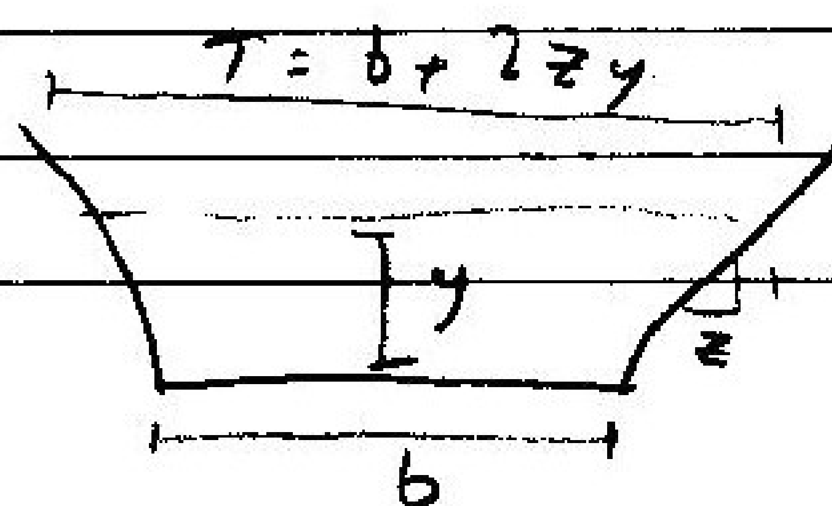
| | |
|---|---|
| $y \le 1.62$ | $y > 1.62$ |
| $y = \frac{b(s+8)^2}{650}$ | $y = 0.1\sqrt{b}\left(\frac{s}{2}+4\right)$ |

<u>shallow drain</u>

| | |
|---|---|
| $b \le 2m$ | $b > 2m$ |
| $y = 0.96\, b$ | $y = 1.5\sqrt[3]{b}$ |

<u>deep drain</u>

| | |
|---|---|
| $b \le 2m$ | $b > 2m$ |
| $y = b$ | $y = 1.75\sqrt[3]{b}$ |




$A = y(b + zy)$

$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$

Course Name: Drainage Part
Course Code: WSE 223
Level: 2nd year Civil Eng. Division
Dept: W. & Water Str. Eng.
Term No. 2

Final Term Exam
Date: June, 2009
Time: 3 hrs
No. of Pages: 1
No. of Questions: 3

Zagazig University
Faculty of Engineering

**Instructions**: Answer all given questions. Data needed and not given should be reasonably assumed. Clear and neat works are strongly appreciated.

**Question No.1 (15 degrees)**

a-Draw the hydrological cycle showing the sources of excess water on it.
b-What are the assumptions of Dupuit, and derive the Donnan equation?
c-Find the head loss at drains entry when:
-the hydraulic conductivity is 0.2m/day
-spacing between drains is 40m.
-the water table height above drain level is 0.5m.
-the distance between drains and the impermeable layer is 8.0m
-the effective diameter of the drain is 10cm, and the resistance factor is 0.1

**Question No. 2 (15 degrees)**

a-Compare between open and covered drains, composite and singular system, and steady and non-steady state.
b- Derive Amer and Luthin equation for non-steady state condition.
c-Calculate the spacing between drains using Glover-Dumm equation if the initial water table is 1.0m below soil surface in an irrigated area if:
-irrigation interval is 5 days.
-irrigation quantity is 100 mm.
-drainage factor is 0.25.
-hydraulic conductivity is 1.2m/day.
-soil depth is 4.0m.
-moisture content at saturation is 48% and at field capacity is 38%.
-the radius of the drain is 0.1m and the average depth of the drain is 2.0m.

---

**Question No. 3 (15 degrees)**

a) Drive the hydraulic design equation of a transporting smooth pipe.
b) Design a collector drain 1200m long with increasing diameter 15, 20, 25, .......cm respectively. The slop of the collector is 5cm/100m, width of the drained area 400m and drainage rate 3mm/day, considering cement and corrugated plastic pipes.
c) 1- How can you express the concentration of salt in the water?
2-The field irrigation efficiency is 75% and the conveyance efficiency is 92%. The maximum crop consumptive of water is 9 mm/day. If the salinity of irrigation water is 0.5 mmhos/cm and the salinity of the soil should not exceed 2560 ppm. Calculate the drainage coefficient and the rise in water table if the irrigation interval 10days and the drainable porosity is 5%.

Course Name: Irrigation Engineering
Course Code: WSE 223
Level : 2nd year Civil Eng. Division
Department : W. & Water Str. Eng.
Term No. : 2

Zagazig University
Faculty of Engineering

final Term Exam
Date : June 2009
Time : 3 hr.
No. of pages : 2
No. of Questions : 2

## Question No (1) *(25 degrees)*

a- Show with neat sketches the method of canal and drains alignment of a new reclaimed area of wavy land.

b- A conveyance system for an irrigation project is as shown in figure (1). The main canal distribute its water for three branches A, B, C of area served 5000, 6000, and 4500 feddan respectively. The crop pattern of the total area is 50% cotton, 40% sharaki prepared for cultivating maize. The irrigation through branch canal is by lift and the working period is 6 days. It is required to:

1- Sketch a diagram of water application for the three turns within 36days.
2- Calculate the field, branch and main canal water duties.
3- Calculate the discharge of each branch canal.
4- Calculate the area served at section I, II, and III of the main canal allowing 50% as a compensation factor for previous turn.
5- Design the cross section of the main canal at section I for non-silting non-scouring conditions. ($Z = 1$, $1/n = 40$, $S = 6$ cm/km)
6- Draw to a reasonable scale a typical cross section of the main canal at sec. I showing all levels and dimensions ( Bank width 6m, land level = 18.50, Berm level = 19.50, vertical distance between bank and water surface = 1.5m).
7- Check the seepage of the main canal

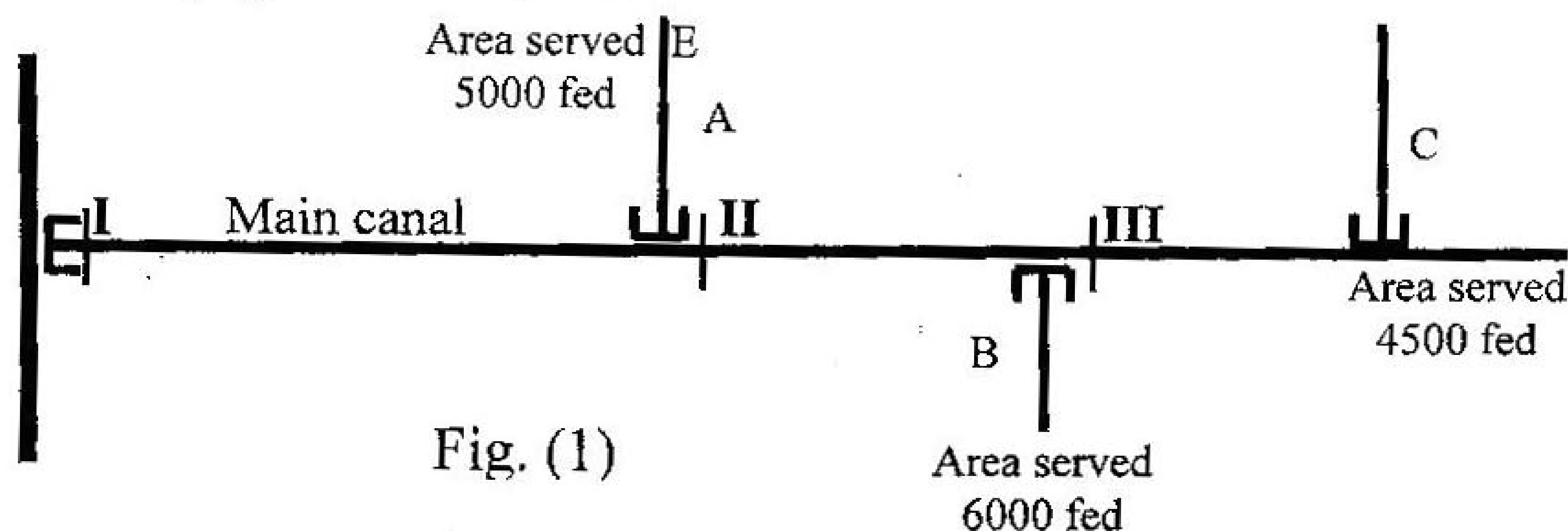



Fig. (1)

## Question No (2) *(20 degrees)*

a) Mention the advantages and the disadvantages of the sprinkler irrigation system

b) A land of dimensions 480m width and 756m length is irrigated by a well as shown in fig. (2) using a semi-permanent sprinkler system, where the main and the sub-main lines are fixed. The following data are available

1- for the sprinkler

Discharge = $1.8 m^3/hr$, the effective circle = 40m, the operating pressure = 25m, the equivalent depth for sprinkler = 7mm/hr, the distance between sprinklers = 40% of effective circle, height of riser 60cm.

2-The net depth for irrigation 35mm/irr., the irrigation efficiency is 85%, and the branch canal has two turn rotation (4 days on and 4 days off).

It is required to :

1- layout the sprinkler system.
2- Calculate the number of sprinklers per one lateral line.
3- Calculate the number of lateral positions per one irrigation
4- Calculate the number of laterals required for the total area.
5- Calculate the discharge and the pressure at the beginning of the lateral.

(The available diameter for lateral pipe is 10cm, reduction factor for multiple outlet = 0.379)

For diameter 10 cm

| Q (lit/sec) | Friction loss in m/100m |
|---|---|
| 5.68 | 0.605 |
| 6.31 | 0.738 |
| 7.57 | 1.04 |
| 8.33 | 1.4 |

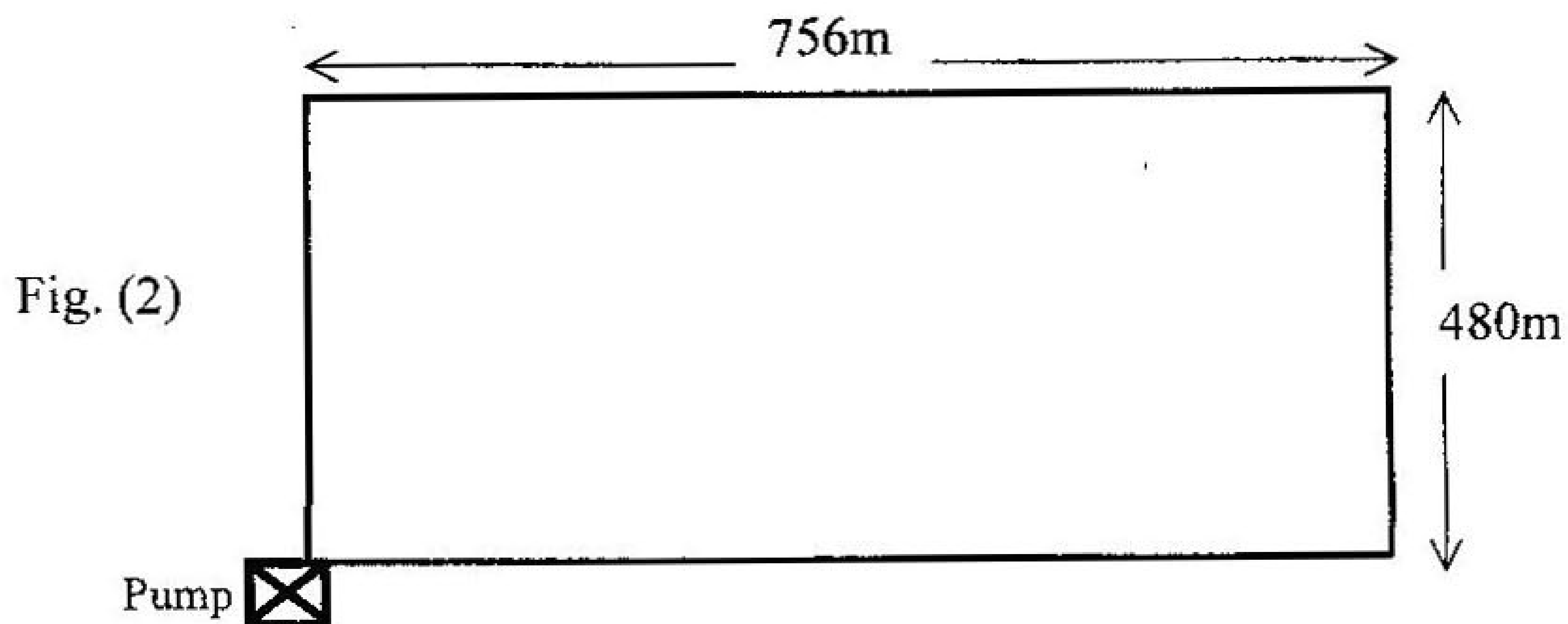



Fig. (2)

c) Consider an irrigation project in which 15% of the water diverted is lost in conveyance. 30% of the water delivered to the project land is lost as surface run-off and deep percolation. 40% of the water stored in the soil is lost by evaporation. If the depth of water stored during the application in meter is varied along the area of the project as shown in figure (3). Calculate :

1- The water conveyance, the water application, and the water distribution efficiencies.
2- The percent of water consumed by the plant.

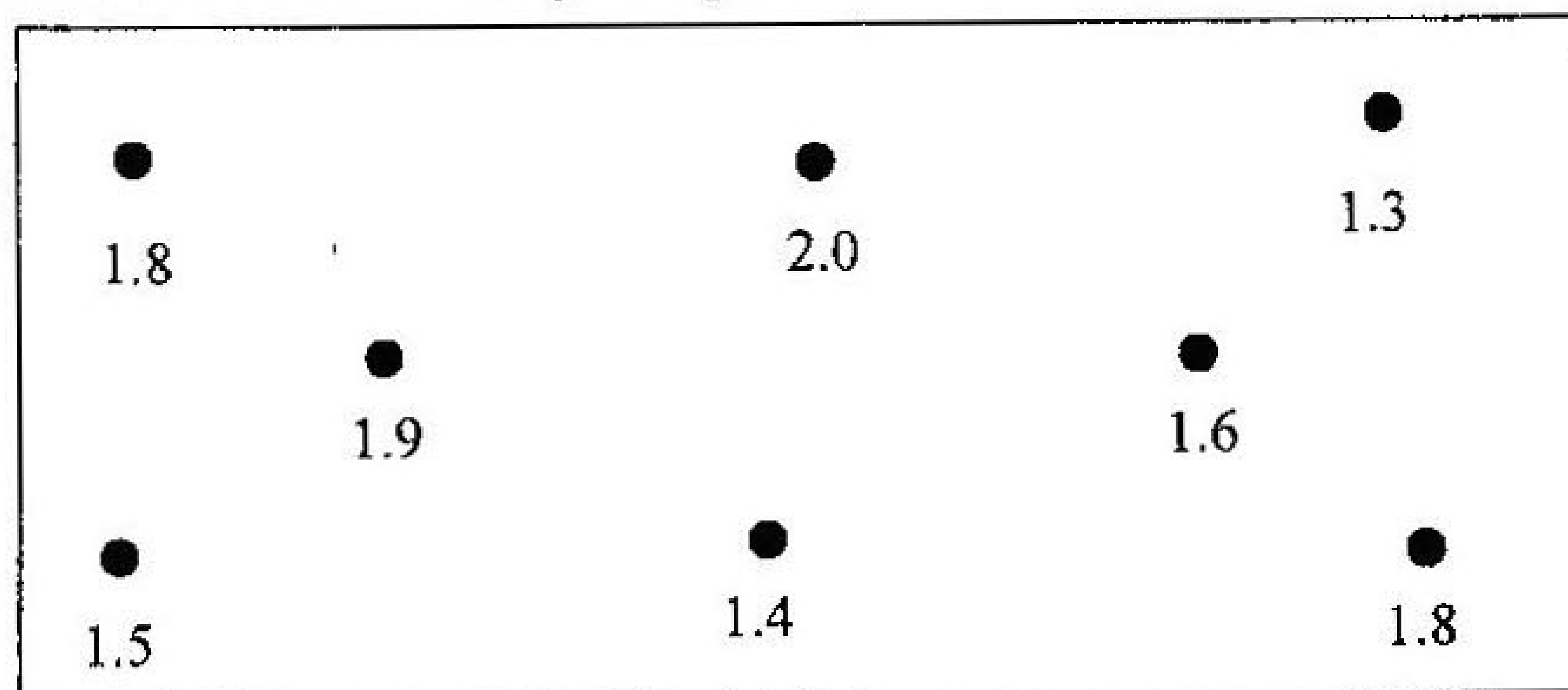



Fig. (3)

***Best wishes***

scanner & modified & upload

by

Mahmoud Ashraf

contact info

titanic_ship1912@yahoo.com